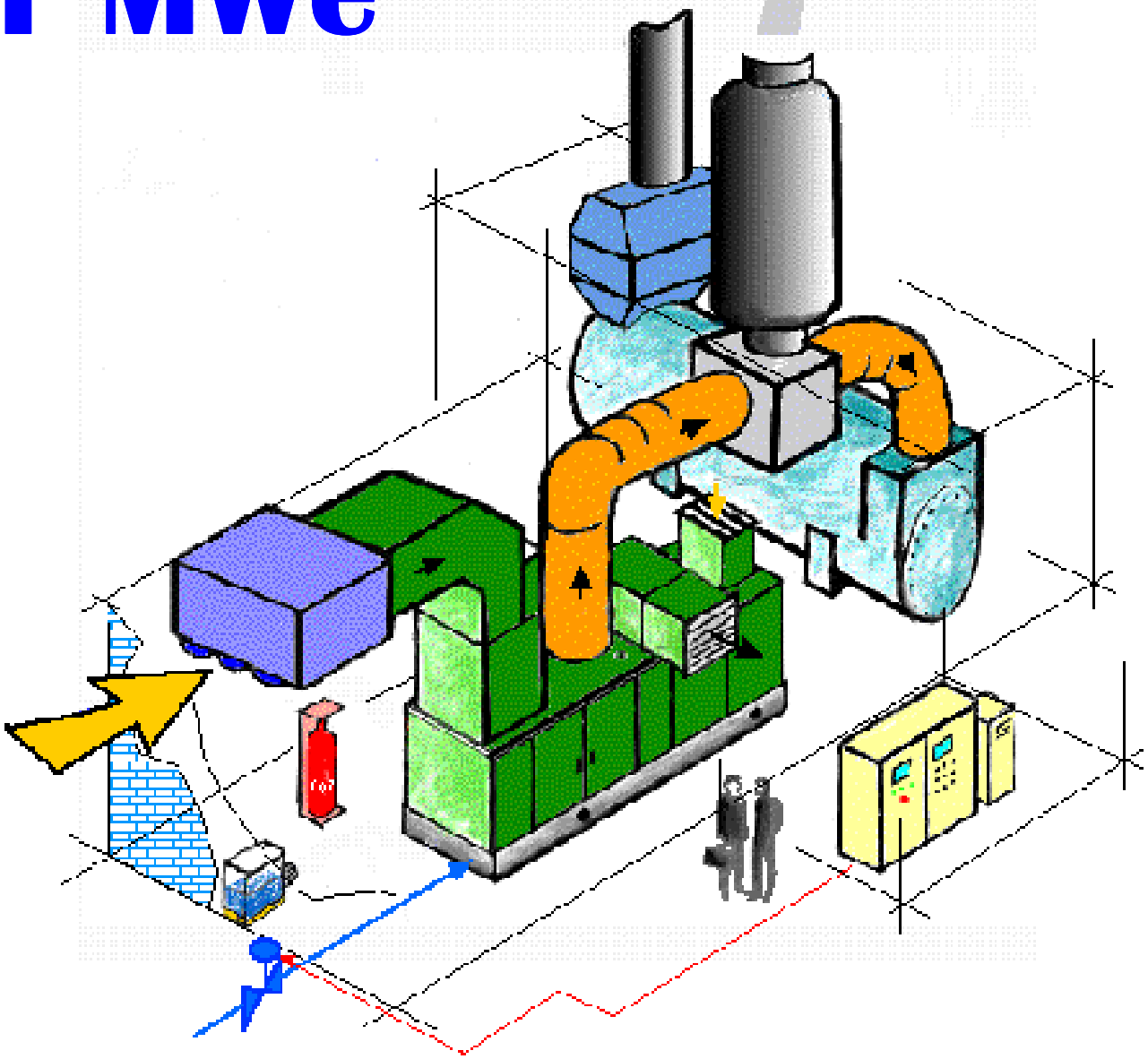
Turbomeca
snecma group

**SPECIFICATION TECHNIQUE**
***TECHNICAL SPECIFICATION***

# GROUPE TURBO-ALTERNATEUR
# *TURBO-GENERATOR UNIT*

## TM 1000 MAKILA TI

## 1 MWe



CE

Edition / *Issue* 3: Mars 2000 / *March 2000*
Ref. / *PN*: 0190580011

# SOMMAIRE/*CONTENTS*

**INTRODUCTION ..... 1**

**1 - LE GROUPE TURBO-ALTERNATEUR..... 1**

1.1 - PRESENTATION..... 1

1.2 - LIMITE DE FOURNITURE STANDARD..... 2

1.3 - PRINCIPALES OPTIONS..... 5

1.4 - PERFORMANCES NOMINALES (conditions ISO, pertes à l'entrée : 50 mmH2O, à la sortie : 150 mmH2O)..... 6

1.5 - LE TURBOMOTEUR ..... 7
1.5.1 - CARACTERISTIQUES PRINCIPALES ..... 7
1.5.2 - FONCTIONNEMENT ..... 8

1.6 - L'ALTERNATEUR..... 9
1.6.1 - PRESENTATION ..... 9
1.6.2 - DIMENSIONS ..... 9
1.6.3 - PARTIE ELECTRIQUE ..... 9
1.6.4 - PARTIE MECANIQUE ..... 10
1.6.5 - ACCESSOIRES ..... 10
1.6.6 - LES RENDEMENTS ..... 10

1.7 - L'ACCOUPLEMENT ..... 11
1.7.1 - FONCTIONNEMENT DU LIMITEUR DE COUPLE ..... 11

1.8 - LE CAISSON ..... 12
1.8.1 - LE CAPOTAGE..... 12
1.8.2 - LE CHASSIS..... 13

**2 - LES CIRCUITS..... 14**

2.1 - CIRCUIT AIR DE COMBUSTION..... 14

2.2 - CIRCUIT ECHAPPEMENT GAZ ..... 14

2.3 - CIRCUITS DE VENTILATION ..... 15
2.3.1 - VENTILATION DU COMPARTIMENT MOTEUR ..... 15
2.3.2 - VENTILATION DU COMPARTIMENT ALTERNATEUR..... 17

2.4 - CIRCUIT DETECTION GAZ ..... 17
2.4.1 - FONCTIONNEMENT ..... 17
2.4.2 - ALARMES ET SECURITES..... 17

2.5 - CIRCUIT DETECTION-EXTINCTION INCENDIE ..... 18
2.5.1 - FONCTIONNEMENT ..... 18

***INTRODUCTION ..... 1***

***1 - THE TURBO-GENERATOR UNIT ..... 1***

*1.1 - PRESENTATION ..... 1*

*1.2 - STANDARD SUPPLY LIMIT ..... 2*

*1.3 - MAIN OPTIONS ..... 5*

*1.4 - NOMINAL PERFORMANCE (ISO conditions, inlet losses: 50 mmH2O, outlet losses: 150 mmH2O) ..... 6*

*1.5 - THE TURBOSHAFT ENGINE ..... 7*
*1.5.1 - MAIN CHARACTERISTICS..... 7*
*1.5.2 - OPERATION..... 8*

*1.6 - THE GENERATOR ..... 9*
*1.6.1 - PRESENTATION ..... 9*
*1.6.2 - DIMENSIONS ..... 9*
*1.6.3 - ELECTRICAL SECTION ..... 9*
*1.6.4 - MECHANICAL SECTION..... 10*
*1.6.5 - ACCESSORIES ..... 10*
*1.6.6 - EFFICIENCIES ..... 10*

*1.7 - THE COUPLING ..... 11*
*1.7.1 - OPERATION OF THE TORQUE LIMITER..... 11*

*1.8 - THE PACKAGE..... 12*
*1.8.1 - THE ENCLOSURE..... 12*
*1.8.2. - THE FRAME ..... 13*

***2 - SYSTEMS..... 14***

*2.1 - COMBUSTION AIR SYSTEM ..... 14*

*2.2 - EXHAUST GAS SYSTEM..... 14*

*2.3 - VENTILATION SYSTEMS ..... 15*
*2.3.1 - GAS TURBINE COMPARTMENT VENTILATION..... 15*
*2.3.2 - GENERATOR COMPARTMENT VENTILATION..... 17*

*2.4 - GAS DETECTION SYSTEM ..... 17*
*2.4.1 - OPERATION ..... 17*
*2.4.2 - ALARMS AND SAFETY FUNCTIONS ..... 17*

*2.5 - FIRE DETECTION AND EXTINGUISHING SYSTEM ..... 18*
*2.5.1 - OPERATION..... 18*

2.6 - CIRCUITS DE LUBRIFICATION ..... 20
2.6.1 - CARACTERISTIQUES PRINCIPALES ... 20
2.6.2 - FONCTIONNEMENT ..... 20
2.6.3 - CONTROLES ET SECURITES ..... 22

2.7 - CIRCUIT CARBURANT GAZ ..... 23
2.7.1 - CIRCUIT CARBURANT GROUPE ..... 23
2.7.2 - CIRCUIT CARBURANT TURBINE ..... 24

2.8 - CIRCUIT LAVAGE COMPRESSEUR ..... 26
2.8.1 - LE LAVAGE (ON LINE) ..... 26
2.8.2 - LE DÉCRASSAGE (CRANK WASH) ..... 27

2.9 - CIRCUIT DE COMMANDE ET DE CONTROLE ..... 28
2.9.1 - CONTROLE ET SURVEILLANCE DU GROUPE ..... 28
2.9.2 - SECURITES ..... 31

2.10 -LE CIRCUIT DE DEMARRAGE ELECTRIQUE ..... 34
2.10.1 - CARACTERISTIQUES PRINCIPALES ... 34

**3 - INSTALLATION ..... 35**

3.1 - RECOMMANDATIONS D'IMPLANTATION DU GROUPE ..... 35
3.1.1 - DOMAINE D'APPLICATION ..... 35
3.1.2 - ENVIRONNEMENT ..... 35
3.1.3 - GENIE CIVIL ..... 35
3.1.4 - INTEGRATION DANS LE RESEAU ELECTRIQUE EXISTANT ..... 36

3.2 - INSTALLATION DU CIRCUIT D'ENTREE D'AIR DE COMBUSTION ..... 38
3.2.1 - CARACTERISTIQUES DE L'AIR DE COMBUSTION ..... 38
3.2.2 - FILTRE D'ENTREE D'AIR ..... 39
3.2.3 - SILENCIEUX D'ADMISSION D'AIR ..... 39
3.2.4 - PRECAUTIONS CONTRE LE RISQUE DE GIVRAGE ..... 39
3.2.5 - REGLES DE FABRICATION DE LA GAINE D'ADMISSION D'AIR ..... 40

3.3 - INSTALLATION DU CIRCUIT D'AIR DE VENTILATION ..... 40
3.3.1 - ENTREE D'AIR DE VENTILATION DU TURBOMOTEUR ..... 40
3.3.2 - ENTREE D'AIR DE VENTILATION DE L'ALTERNATEUR ..... 40
3.3.3 - REGLES DE FABRICATION DES GAINES DE VENTILATION ..... 41

*2.6 - LUBRICATION SYSTEMS ..... 20*
*2.6.1 - MAIN CHARACTERISTICS ..... 20*
*2.6.2 - OPERATION ..... 20*
*2.6.3 - MONITORING SYSTEMS AND SAFETY FUNCTIONS ..... 22*

*2.7 - FUEL GAS SYSTEM ..... 23*
*2.7.1 - POWER UNIT FUEL SYSTEM ..... 23*
*2.7.2 - TURBINE FUEL SYSTEM ..... 24*

*2.8 - COMPRESSOR WASHING SYSTEM ..... 26*
*2.8.1 - ON-LINE WASHING ..... 26*
*2.8.2 - CRANK WASH CLEANING ..... 27*

*2.9 - CONTROL AND INDICATION SYSTEM ..... 28*
*2.9.1 - CONTROL AND MONITORING OF POWER UNIT ..... 28*
*2.9.2 - SAFETY FUNCTIONS ..... 31*

*2.10 - THE ELECTRIC STARTING SYSTEM ..... 34*
*2.10.1 - MAIN CHARACTERISTICS ..... 34*

***3 - INSTALLATION ..... 35***

*3.1 - LAYOUT RECOMMENDATIONS FOR THE POWER UNIT ..... 35*
*3.1.1 - COVERAGE ..... 35*
*3.1.2 - ENVIRONMENT ..... 35*
*3.1.3 - CIVIL ENGINEERING WORK ..... 35*
*3.1.4 - INTEGRATION INTO THE EXISTING ELECTRICAL SYSTEM ..... 36*

*3.2 - INSTALLATION OF THE COMBUSTION AIR INTAKE SYSTEM ..... 38*
*3.2.1 - CHARACTERISTICS OF THE COMBUSTION AIR ..... 38*
*3.2.2 - AIR INTAKE FILTER ..... 39*
*3.2.3 - AIR INTAKE SILENCER ..... 39*
*3.2.4 - PRECAUTIONS TO BE TAKEN AGAINST THE RISK OF ICING ..... 39*
*3.2.5 - RULES FOR MANUFACTURING THE AIR INTAKE DUCT ..... 40*

*3.3 - INSTALLATION OF THE VENTILATION AIR INTAKE SYSTEM ..... 40*
*3.3.1 - GAS TURBINE VENTILATION AIR INTAKE ..... 40*
*3.3.2 - GAS VENTILATION AIR INTAKE ..... 40*
*3.3.3 - RULES FOR MANUFACTURING THE VENTILATION DUCTS ..... 41*

3.4 - INSTALLATION DU CIRCUIT D'ECHAPPEMENT ..... 41
3.4.1 - CARACTERISTIQUES DES GAZ D'ECHAPPEMENT ET DE LA SORTIE D'ECHAPPEMENT ..... 41
3.4.2 - REGLES DE FABRICATION DE LA GAINE D'ECHAPPEMENT ..... 42

3.5 - RECOMMANDATIONS POUR LA LUTTE CONTRE LE BRUIT ..... 42

3.6 - EVENT DU SYSTEME DE LUBRIFICATION ..... 44

3.7 - ALIMENTATION ET PURGE DES GAZ DE COMBUSTION ..... 45

3.8 - INSTALLATION DES ARMOIRES ELECTRIQUES ..... 46
3.8.1 - L'ARMOIRE DE COMMANDE ET CONTROLE ..... 46
3.8.2 - L'ARMOIRE DE DEMARRAGE ..... 46

3.9 - BESOINS EXTERNES ..... 47
3.9.1 - ELECTRIQUES ..... 47
3.9.2 - HYDRAULIQUES ..... 47
3.9.3 - CONSOMMABLES ..... 47

**4 - ANNEXES ..... 48**

4.1 - TABLEAUX DES ALARMES ET SECURITES ..... 48
4.1.1 - ALARMES ..... 48
4.1.2 - ALARMES A DECLENCHEMENT ..... 49
4.1.3 - SECURITES ..... 50
4.1.4 - MESSAGE D'ALARMES ET DE SÉCURITÉS ..... 51

4.2 - TABLEAUX DES LUBRIFIANTS ..... 51
4.2.1 - LES HUILES ..... 51
4.2.2 - LES GRAISSES ..... 53

4.3 - LISTE DES AUXILIAIRES ELECTRIQUES . 54

4.4 - PRODUITS DE LAVAGE COMPRESSEUR 54
4.4.1 - EAU ..... 54
4.4.2 - PRODUITS DE DECRASSAGE ..... 55
4.4.3 - PRODUITS DE LAVAGE ..... 55
4.4.4 - PRODUITS DE PROTECTION INTERNE OU EXTERNE ..... 56

4.5 - LISTE DES ABBREVIATIONS ..... 56

*3.4 - INSTALLATION OF THE EXHAUST SYSTEM ..... 41*
*3.4.1 - CHARACTERISTICS OF THE EXHAUST GASES AND OF THE EXHAUST OUTLET ..... 41*
*3.4.2 - RULES FOR MANUFACTURING THE EXHAUST DUCT ..... 42*

*3.5 - NOISE ABATEMENT RECOMMENDATIONS ..... 42*

*3.6 - LUBRICATION SYSTEM VENT ..... 44*

*3.7 - COMBUSTION GAS SUPPLY AND BLEED ..... 45*

*3.8 - INSTALLATION OF ELECTRICAL PANELS ..... 46*
*3.8.1 - THE CONTROL AND INDICATION PANEL ..... 46*
*3.8.2 - STARTING PANEL ..... 46*

*3.9 - EXTERNAL FACILITIES ..... 47*
*3.9.1 - ELECTRICAL ..... 47*
*3.9.2 - HYDRAULIC ..... 47*
*3.9.3 - CONSUMABLES ..... 47*

***4 - APPENDICES ..... 48***

*4.1 - ALARM AND SAFETY FUNCTION PANELS ..... 48*
*4.1.1 - ALARMS ..... 48*
*4.1.2 - ALARMS WITH TRIP-OUT ..... 49*
*4.1.3 - SAFETY FUNCTIONS ..... 50*
*4.1.4 - ALARM AND SAFETY FUNCTION MESSAGES ..... 51*

*4.2 - TABLES OF LUBRICANTS ..... 51*
*4.2.1 - OILS ..... 51*
*4.2.2 - GREASES ..... 53*

*4.3 - LIST OF ELECTRICAL AUXILIARIES ..... 54*

*4.4 - COMPRESSOR WASHING PRODUCTS ... 54*
*4.4.1 - WATER ..... 54*
*4.4.2 - CLEANING PRODUCTS ..... 55*
*4.4.3 - WASHING PRODUCTS ..... 55*
*4.4.4 - INTERNAL OR EXTERNAL PROTECTION PRODUCTS ..... 56*

*4.5 - LIST OF ABBREVIATIONS ..... 56*

## LISTE DES FIGURES / *LIST OF FIGURES*

Figure 1 : Vue intérieure du groupe MAKILA-TI / *Inner view of the MAKILA-TI unit* ..... 2

Figure 2 : Limite de fourniture / *Supply limit* ..... 4

Figure 3 : Vue en coupe du turbomoteur MAKILA-TI / *Sectional view of the MAKILA-TI turboshaft engine* .. 8

Figure 4 : L'alternateur BT – haut rendement / *Low voltage generator – high efficiency* ..... 11

Figure 5 : L'accouplement / *The coupling* ..... 12

Figure 6 : Le caisson / *The enclosure* ..... 13

Figure 7 : Circuits air combustion et échappement gaz / *Combustion air and exhaust gas systems* ..... 15

Figure 8 : Circuits air ventilation et détection gaz / *Ventilation and gas detection systems* ..... 16

Figure 9 : Circuit détection/extinction incendie / *Fire detection/extinguishing system* ..... 19

Figure 10 : Circuit huile turbine et réducteur 1 / *Turbine and reduction gear 1 oil system* ..... 21

Figure 11 : Circuits huile réducteur 2 et refroidissement d'huile / *Reduction gear 2 lubrication and oil cooling systems* ..... 22

Figure 12 : Circuit carburant gaz / *Fuel gas system* ..... 25

Figure 13 : Circuit lavage compresseur / *Compressor washing system* ..... 27

Figure 14 : Circuit de contrôle-surveillance / *Control and monitoring system* ..... 31

Figure 15 : Génie civil / *Civil engineering work* ..... 36

Figure 16 : Interfaces caisson et dimensions / *Package interfaces and dimensions* ..... 37

Figure 17 : Points de mesure des niveaux de bruit / *Noise level measurement points* ..... 43

Les informations contenues dans ce document ne constituent ni une offre ni un contrat avec TURBOMECA. Elles sont générales et certaines peuvent faire l'objet d'ajustement ou d'amendement en fonction des conditions particulières de site (performances) ou de demandes spécifiques (ex. : variantes sur certains matériels).
*The information appearing in this document is not an offer or a contract with TURBOMECA. This document contains general technical data, some of which can be subject to change or to amendment according to the specific conditions of the site (performances) or to specific requests (ex: differences on some materials).*

## INTRODUCTION

Ce descriptif présente le groupe turbo-alternateur MAKILA-TI dans sa configuration standard, les options disponibles ainsi que les modalités d'installation nécessaires pour sa mise en service et son exploitation. Le fonctionnement général et les performances du groupe sont également traitées dans ce document.

## 1 - LE GROUPE TURBO-ALTERNATEUR

### 1.1 - PRESENTATION

Le groupe turbo-alternateur MAKILA-TI est conçu pour fournir une puissance électrique de 1066 KWé en conditions ISO.

Grâce à un rendement électrique de 27% et un rendement global de 75 à plus de 90% en utilisation combinée chaleur-force, le groupe MAKILA-TI s'avère être le produit le plus performant du marché dans sa gamme de puissance.

La turbine du groupe est dotée d'une chambre de combustion de type annulaire à faible émission de NOx (< 150 mg/Nm$^3$) et de CO (< 65 mg/Nm$^3$) qui répond à la plupart des normes antipollution en vigueur notamment à celles de la norme allemande TA LUFT et de la norme française relative aux installations classées (rubrique 2910) soumises à déclaration.

En option, la turbine peut être équipée d'un système d'injection d'eau permettant une réduction des émissions de NOx afin de répondre à des normes particulières.

L'atténuation phonique très poussée du groupe (< 85 dB(A) à 1 m en champ libre) permet son intégration dans les immeubles urbains et les établissements hospitaliers.

L'installation du groupe ne nécessite pas de génie civil important. L'équilibrage des ensembles tournants évite toute génération et transmission de vibration, le groupe peut ainsi être installé sur un sol bétonné existant sans dalle flottante ni plot amortisseur.

Sa robustesse permet des fonctionnements dans des conditions extrêmes comme les basses températures, les ambiances poussiéreuses, salées ou sableuses, les zones sismiques ou soumises à des vibrations.

Les turbines MAKILA-TI exploitées en service continu au carburant gaz dépassent les 100 000 heures de fonctionnement avec des TBO de l'ordre de 30 000 heures et un excellent taux de disponibilité.

En version de base, le groupe turbo-alternateur est livré avec un système de télégestion 24 h/24 permettant d'assurer la continuité de communication entre chaque site utilisateur et TURBOMECA.

## *INTRODUCTION*

*This document presents the MAKILA-TI turbo-generator unit in its standard configuration, the available options as well as the installation requirements for its setting into operation and its exploitation. This document also deals with the general operation and the performance of this unit.*

## *1 - THE TURBO-GENERATOR UNIT*

### *1.1 - PRESENTATION*

*The MAKILA-TI turbo-generator unit is designed to supply electrical power of 1,066 kW under ISO conditions.*

*With an electrical performance of 27% and an overall performance of 75% to more than 90% used for power and heat generation, the MAKILA-TI unit proves to be the best performing of its power range.*

*The turbine of the unit is equipped with an annular combustion chamber with a low NOx emission rate (< 150 mg/Nm$^3$) and a low CO (< 65 mg/Nm$^3$) therefore meeting most of the antipollution standards in force, particularly the TA LUFT german standard and the french standard pertaining to the classified facilities (section 2910) subject to declaration.*

*As an option, the turbine can be equipped with a water injection system to reduce NOx emissions in order to meet particular standards.*

*The powerful sound attenuation of the unit (< 85 dB(A) à 1 m in the open) makes it possible to integrate it among urban buildings or hospitals.*

*The installation of the unit requires very little civil engineering. The balancing of rotating assemblies prevents the generation and transmission of vibration. The unit can therefore be installed on an existing concrete ground with no floating slab or damping stud.*

*Its ruggedness enables operation under extreme conditions such as low temperatures, dusty, salty or sandy atmosphere, areas subject to earthquakes or vibrations.*

*MAKILA-TI turbines which run on gas fuel in continuous operation exceed 100,000 hours of operation with TBOs of some 30,000 hours and an excellent availability rate.*

*The basic version of the turbo-generator unit is supplied with a 24 hour a day teleprocessing system ensuring communication between each user site and TURBOMECA.*

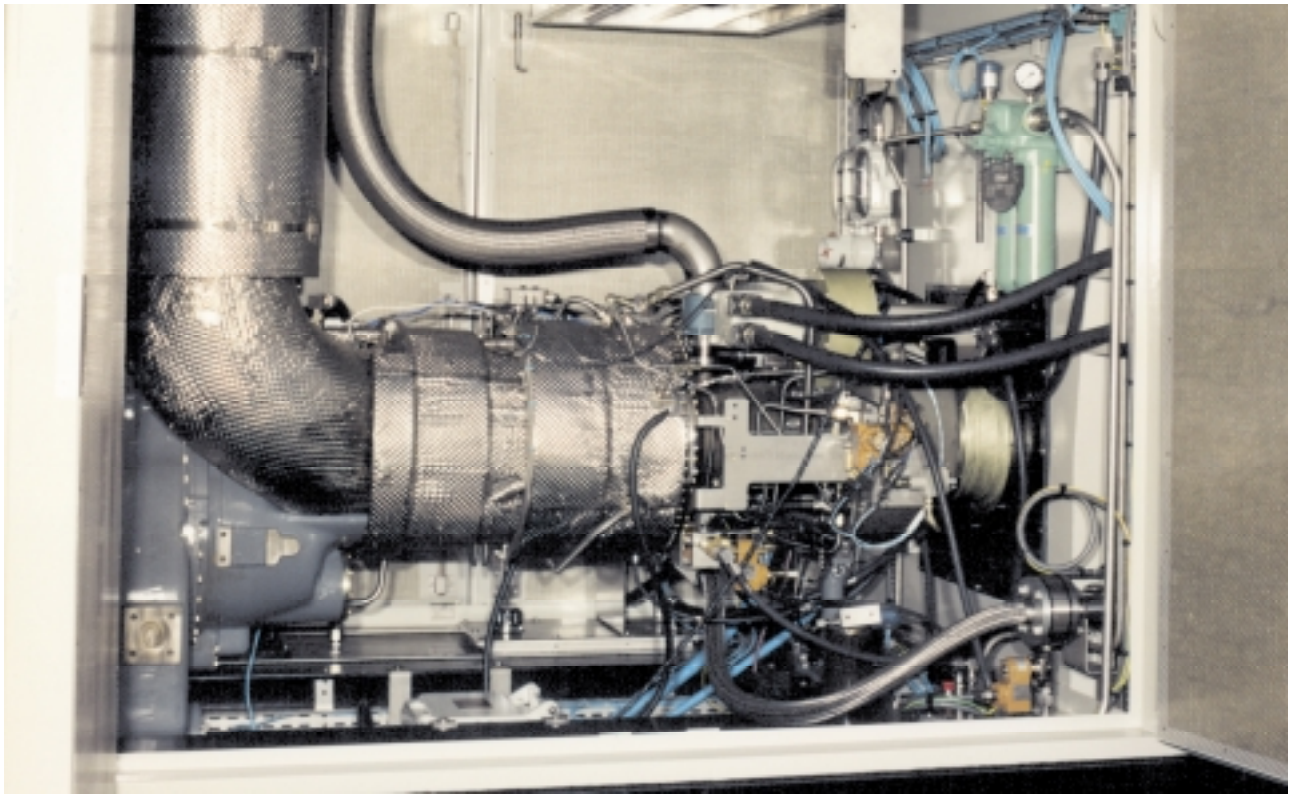


Figure 1 : Vue intérieure du groupe MAKILA-TI / *Inner view of the MAKILA-TI unit*

## 1.2 - LIMITE DE FOURNITURE STANDARD *(Figure 2)*

En version de base telle que proposée dans ce document, le groupe turbo-alternateur MAKILA-TI est constitué des éléments ci-dessous (pour une description détaillée se reporter au chapitre 2) :

- une turbine de type MAKILA-TI - 1G2E prévue pour fonctionner en service continu (ISO 3977, classe D, gamme 1) version carburant gaz naturel avec son démarreur électrique (Rep. 1),
- un réducteur intégré abaissant la vitesse de sortie à 1500 tr/mn (Rep. 2),
- un alternateur haut rendement 1500 kVA - 50 Hz - 400 V, IP 23 synchronisable sur le réseau à refroidissement par air (Rep. 3),
- un accouplement flexible et une protection surcouple hydraulique de type SAFESET entre le réducteur et l'alternateur (Rep. 4),
- un châssis commun supportant l'ensemble "turbine, alternateur, capotage" (Rep. 5),
- un capotage insonorisant de type "indoor" recouvrant l'ensemble "turbine-alternateur" (Rep. 6),
- un kit d'outillages d'installation,
- le circuit carburant gaz,

## *1.2 - STANDARD SUPPLY LIMIT (Figure 2)*

*In the basic version such as that proposed in this document, the MAKILA turbo-generator unit comprises the components listed below (for a detailed description, refer to chapter 2):*

- *a turbine of the MAKILA-TI - 1G2E type for continuous operation (ISO 3977, class D, range 1) natural gas fuel version with its electric starter (Item 1),*
- *an integrated reduction gear which reduces the output speed to 1,500 rpm (Item 2),*
- *a high performance generator 1,500 kVA - 50 Hz - 400 V, IP 23 that can be synchronized on the air cooling grid (Item 3),*
- *a flexible coupling and a SAFESET hydraulic overtorque protection system between the reduction gear and the generator (Item 4),*
- *a common frame supporting the "turbine, generator, enclosure" assembly (Item 5),*
- *an "indoor" soundproof enclosure covering the "turbine-generator" assembly (Item 6),*
- *an installation tools kit,*
- *the gas fuel system,*

- le circuit de lubrification comprenant :
- le circuit d'huile moteur et réducteur 1er étage,
- le circuit d'huile réducteur 2ème étage,
- le circuit de refroidissement d'huile,
- le circuit d'air de combustion comprenant :
- le filtre statique d'entrée d'air (Rep. 7),
- le silencieux d'entrée d'air (Rep. 8),
- le circuit d'air de ventilation comprenant :
- les filtres d'entrée d'air statiques (Rep. 9)
- les silencieux d'entrée d'air ventilation du compartiment moteur (Rep. 10),
- les silencieux de sortie d'air ventilation des compartiments alternateur et moteur (Rep. 11),
- une armoire de commande et de contrôle "turbine et alternateur" à base d'automate programmable (Rep.12) comprenant :
- un écran digital,
- les relais de protection de l'alternateur,
- un moniteur de surveillance vibratoire turbine,
- un modem de télégestion,
- un module de synchro-couplage,
- une batterie/chargeur 24 VCC de servitude située dans l'armoire de contrôle,
- le tableau de commande des auxiliaires,
- une source 24 VCC de démarrage (comprenant un jeu de batteries avec chargeur d'entretien permettant 3 démarrages consécutifs) (Rep. 13),
- les câbles électriques (24 VCC et contrôle commande) de raccordement entre l'armoire électrique, le groupe et le jeu de batteries (longueur 15 m),
- un système de lavage du compresseur de la turbine (Rep. 14),
- un système de détection des fuites de gaz à l'intérieur du caisson (compartiment turbine) (Rep. 15),
- un système de détection-extinction d'incendie (CO2) protégeant l'intérieur du caisson (compartiment turbine et compartiment alternateur) (Rep. 16).

**Et aussi...**

- le test en charge de la turbine et le contrôle de ses performances,
- le test en charge de l'alternateur et le contrôle de ses performances,
- les tests statiques hydrauliques et électriques du groupe complet,
- la préparation et le conditionnement pour transport routier, en livraison EXW,

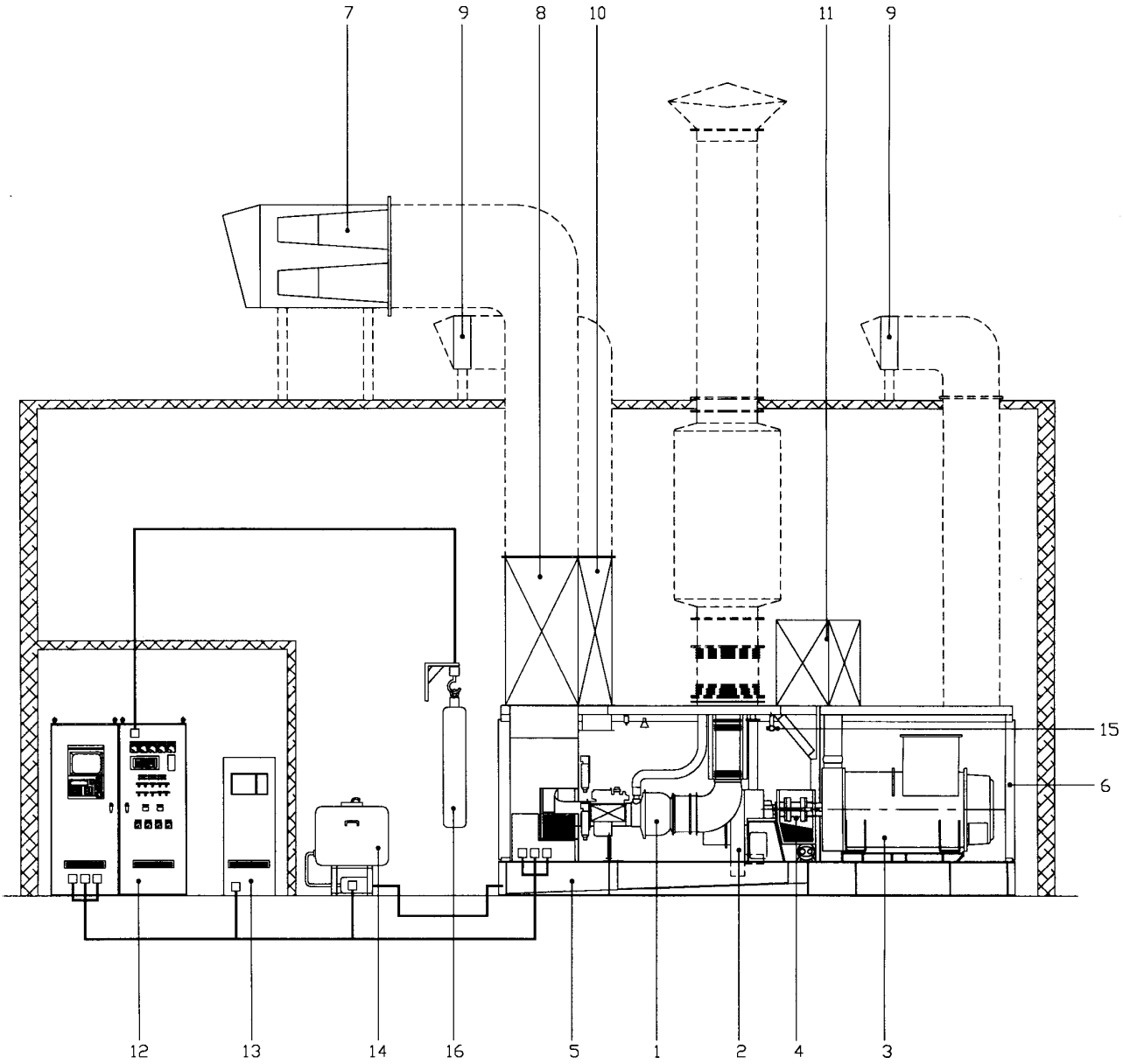
- *the lubrication system which comprises:*
- *the 1st stage reduction gear and engine oil system,*
- *the 2nd stage reduction gear oil system,*
- *the oil cooling system,*
- *the combustion air system which comprises:*
- *the air intake static filter (Item 7),*
- *the air intake silencer (Item 8),*
- *the ventilation air system which comprises:*
- *the static air intake filters (Item 9),*
- *ventilation air intake silencers of the engine compartment (Item 10),*
- *generator and engine compartment ventilation air outlet silencers (Item 11),*
- *a "turbine and generator" control and monitoring panel based on PLC (Item 12) which comprises:*
- *a digital screen,*
- *generator protection relays,*
- *a turbine vibration monitoring screen,*
- *a processing modem,*
- *a synchro-coupling module,*
- *a 24 VDC auxiliary battery/charger 24 VDC located in the control panel,*
- *the auxiliary control panel,*
- *a 24 VDC starting power supply (comprising a battery set with maintenance charger enabling 3 consecutive starts) (Item 13),*
- *electrical connecting cables (24 VDC and monitoring control) between the electric panel, the unit and the battery set (length: 15 m),*
- *a turbine compressor washing system (Item 14),*
- *a gas leak detection system inside the enclosure (turbine compartment) (Item 15),*
- *a fire detection-extinction system (CO2) protecting the inside of the enclosure (turbine compartment and generator compartment) (Item 16).*

***And also...***

- *load test of turbine and monitoring of its performance,*
- *load test of generator and monitoring of its performance,*
- *hydraulic and electric static tests of the whole unit,*
- *preparation and packaging for road transport, in EXW delivery mode,*

- une notice d'installation, d'exploitation et de maintenance en 3 exemplaires,
- l'assistance technique à l'installation et à la mise en service sur la base de 2 semaines consécutives,
- la formation sur site du personnel : 2 jours pour 6 personnes.

- *3 copies of the installation, operation and maintenance book,*
- *technical support for the installation and introduction into service on the basis of 2 consecutive weeks,*
- *on-site training of personnel: 2 days for 6 persons.*




- - - - - - Exclu de la fourniture standard / *Not delivered as standard supply*

Figure 2 : Limite de fourniture / *Supply limit*

## 1.3 - PRINCIPALES OPTIONS

Dans le cadre de la limite de fourniture telle que définie au paragraphe 1.2, les options suivantes sont disponibles :

- le groupe turbo-alternateur version carburant liquide ou dual,
- le groupe version "outdoor",
- un turbo-alternateur 60 Hz,
- un autre type d'alternateur (consulter turboméca),
- un système d'injection d'eau pour diminuer les émissions de Nox,
- l'insonorisation renforcée,
- le démarrage pneumatique ou électrohydraulique,
- l'instrumentation spécifique,
- les études pour un fonctionnement îloté,
- un filtre d'entrée d'air adapté aux conditions de site particulières,
- la fourniture de l'outillage spécifique*,
- la fourniture des pièces de rechange*,
- la maintenance et l'entretien du matériel*
- un dispositif dit "BLACK-START" permettant le démarrage et le fonctionnement du groupe en absence du réseau,
- une liaison série de type MODBUS entre le groupe et le système client,
- le transport et l'installation sur le site utilisateur,
- les vannes coupe-feu,
- les câbles de puissance de l'alternateur,
- le supportage des filtres d'air,
- les gaines d'air des circuits de ventilation et de combustion,
- les tuyauteries d'amenée de gaz jusqu'aux raccordements prévus sur le capotage,
- le poste de traitement du gaz combustible : régulation de pression, filtration, séparateur, comptage,
- le disjoncteur groupe,
- l'armoire de distribution électrique et la fourniture d'énergie électrique nécessaire au fonctionnement des auxiliaires électriques du groupe,
- le silencieux d'échappement, le compensateur de dilatation, le système de "by-pass" à prévoir sur l'échappement de la turbine, le ou les dispositifs de compensation thermique sur les gaines d'échappement,
- le système de récupération de chaleur à

## *1.3 - MAIN OPTIONS*

*The following options are available as part of the supply limit defined in paragraph 1.2:*

- *the turbo-generator unit, dual or liquid fuel version,*
- *the "outdoor" version unit,*
- *a 60 Hz turbo-generator,*
- *another type of generator (consult Turbomeca),*
- *a water injection system to reduce Nox emissions,*
- *reinforced soundproofing,*
- *pneumatic or electrohydraulic starting,*
- *specific tooling,*
- *design for an isolated operation,*
- *an air intake filter adapted to the specific site conditions,*
- *specific* tool supply,*
- *spare parts* supply,*
- *maintenance and servicing of the material*,*
- *a "BLACK-START" device enabling starting and operation of the unit when there is no mains supply,*
- *a MODBUS serial link between the unit and the customer system,*
- *transport and installation on the user site,*
- *shut-off solenoid valves,*
- *generator power cables,*
- *air filter support,*
- *ventilation and combustion systems pneumatic ducts,*
- *gas pipes up to the connections on the enclosure,*
- *processing panel of the fuel gas: control of pressure, filtration, separator, counting,*
- *unit circuit-breaker,*
- *electric supply panel and electrical energy supply required for the operation of the unit electrical auxiliaries,*
- *exhaust silencer, expansion bellows, "by-pass" system to be installed on the turbine exhaust, thermal compensation devices on the exhaust ducts,*
- *heat recovery system at the turbine exhaust,*

l'échappement de la turbine,

- le système de supervision à distance,
- le transformateur,
- une formation approfondie à notre centre de formation de Tarnos (40)...

*ces prestations sont proposées dans le cadre du contrat de maintenance et d'assistance technique

- *remote monitoring system,*
- *transformer,*
- *in-depth training in our training center at Tarnos (40).*

**these services are proposed as part of the maintenance and technical assistance contract.*

## 1.4 - PERFORMANCES NOMINALES (conditions ISO, pertes à l'entrée : 50 mmH2O, à la sortie : 150 mmH2O)

## *1.4 - NOMINAL PERFORMANCE (ISO conditions, inlet losses: 50 mmH2O, outlet losses: 150 mmH2O)*

| Température extérieure / *External temperature* | -20 | -10 | -5 | *0* | *5* | *10* | *15* | *20* | *35* | *°C* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Puissance électrique nette / *Net electrical power* | 1184 | 1185 | 1185 | *1184* | *1146* | *1103* | *1059* | *1014* | *877* | *kWé* |
| Consommation / *Consumption* | 4274 | 4302 | 4312 | *4318* | *4193* | *4081* | *3973* | *3859* | *3510* | *kWh PCI* |
| Débit fumées / *Fumes flow* | 6,02 | 5,89 | 5,83 | *5,77* | *5,67* | *5,57* | *5,44* | *5,31* | *4,93* | *kg/s* |
| Température échappement / *Exhaust temperature* | 447 | 470 | 480 | *491* | *490* | *492* | *497* | *502* | *515* | *°C* |
| Température fumées / *Fumes temperature* | 154 | 153 | 153 | *152* | *151* | *151* | *150* | *149* | *146* | *°C* |
| W therm. Récupérée * / *W therm. recovered* | 1916 | 1966 | 2013 | *1975* | *1966* | *1962* | *1956* | *1937* | *1896* | *kW* |
| Production vapeur * / *Vapor production* | 2,84 | 2,91 | 2,99 | *2,93* | *2,92* | *2,91* | *2,9* | *2,87* | *2,81* | *t/h* |
| Rendement électrique / *Electrical performance* | 27,88 | 27,71 | 27,64 | 27,58 | 27,5 | 27,21 | 26,83 | 26,46 | 25,19 | % |
| Rendement global / *Total performance* | 71,9 | 72,8 | 73,8 | 74,4 | 74,7 | 75,1 | 75,5 | 76,3 | 77,7 | % |

* Valeurs indicatives / *Indicative values*

Valeurs garanties / *Guaranteed values:*

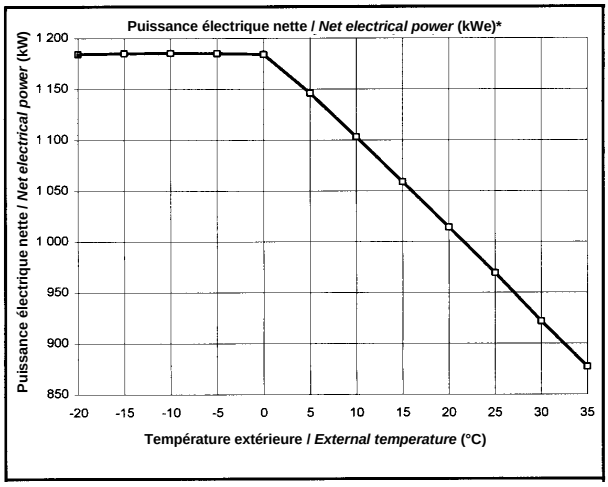
Puissance électrique / *Electrical power:* 0 / +10 kW

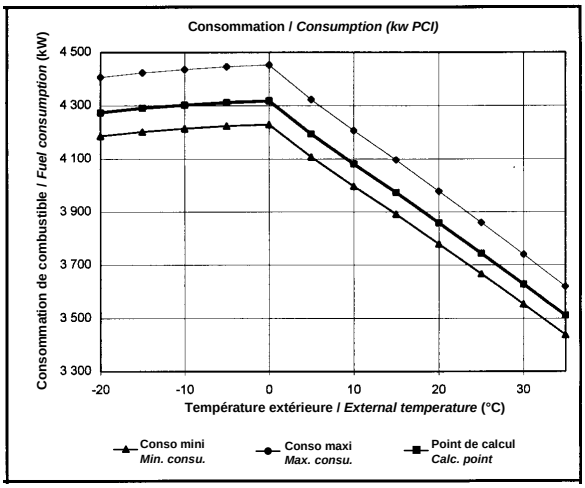
Consommation horaire / *Consumption per hour:* +3 / -2 %

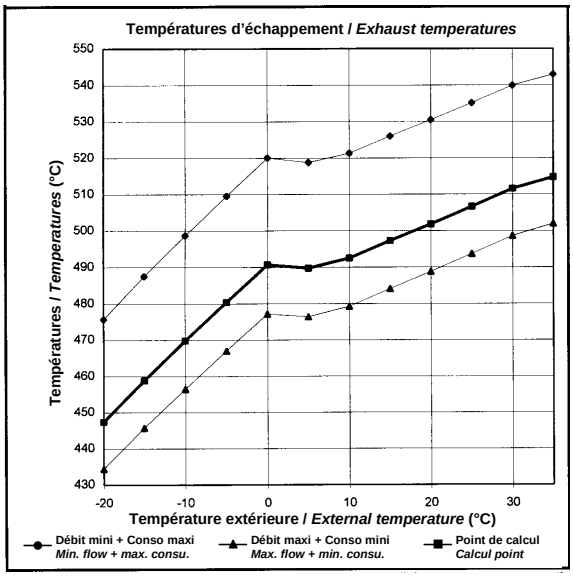
Débit fumées / *Fumes flow:* 0 / -2 %

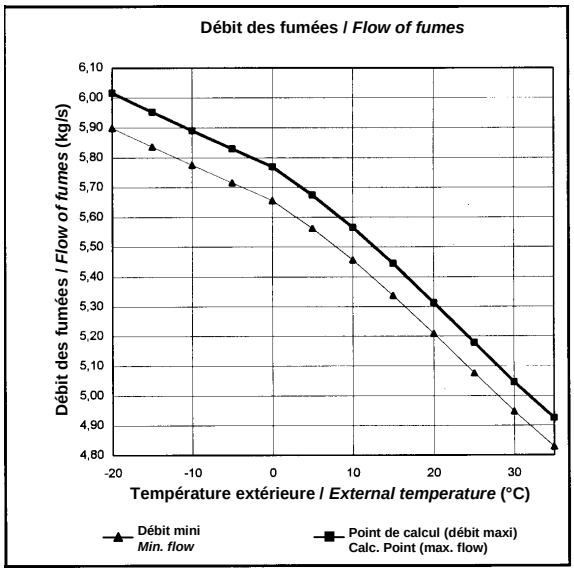
Température fumées / *Fumes temperature:* +30 / -15 °C

Production vapeur / *Vapor production:* +200 / -100 kg/s






* Performances électriques nettes = puissance aux bornes de l'alternateur – consommation des accessoires (7kW) /
*Net electrical performance = power to generator terminals – Accessory consumption (7 kW)*

** Performances moteur neuf non encrassé / *Performance of a new engine not clogged*

## 1.5 - LE TURBOMOTEUR *(Figure 3)*

Dérivé du MAKILA aéronautique qui équipe les hélicoptères lourds Super Puma, le MAKILA-TI (version industrielle) est conçu pour fournir sur un arbre la puissance mécanique nécessaire à l'entraînement de l'alternateur.

La conception du MAKILA-TI est basé sur un cycle thermodynamique optimisé, une consommation spécifique de carburant peu élevée et sur l'emploi de composants simples et fiables dans le but de réduire au maximum son coût de fonctionnement.

Le MAKILA est un turbomoteur à turbine libre de la classe 1130 kW qui est composé de trois ensembles principaux :

- un ensemble "générateur de gaz" qui comprend un compresseur à quatre étages (3 axiaux et 1 centrifuge), une chambre de combustion et une turbine à deux étages.
- un ensemble "turbine libre" qui comprend une turbine indépendante à deux étages pour entraîner le récepteur.
- un ensemble "réducteur".

### 1.5.1 - CARACTERISTIQUES PRINCIPALES

- Vitesse en sortie d'arbre ..... 1500 tr/mn,
- Débit d'air d'entrée turbomoteur .....5,35 kg/s,
- Dimensions hors tout.....2332 x 850 x 1115 mm,
- Masse..... 886 kg

## *1.5 - THE TURBOSHAFT ENGINE (Figure 3)*

*Derived from the aeronautical MAKILA which is mounted on the Super Puma heavy lift helicopter, the MAKILA-TI (industrial version) is designed to supply mechanical power on a shaft to drive the generator.*

*The MAKILA-TI design is based on an optimized thermodynamic cycle, a low specific fuel consumption and on the use of simple and reliable components in order to reduce its operating cost as much as possible.*

*The MAKILA is a free turbine turboshaft engine of the 1,130 kW class. It comprises three main assemblies:*

- *a "gas generator" assembly which comprises a four-stage compressor (3 axial and 1 centrifugal), a combustion chamber and a two-stage turbine,*
- *a "free turbine" assembly which comprises a two-stage independent turbine to drive the receiver,*
- *a "reduction gear" assembly.*

### *1.5.1 - MAIN CHARACTERISTICS*

- *Shaft output speed .....1,500 rpm,*
- *Air flow at the gas turbine intake ..... 5.35 kg/s,*
- *Overall dimensions..... 2,332 x 850 x 1,115 mm,*
- *Weight..... 886 kg*

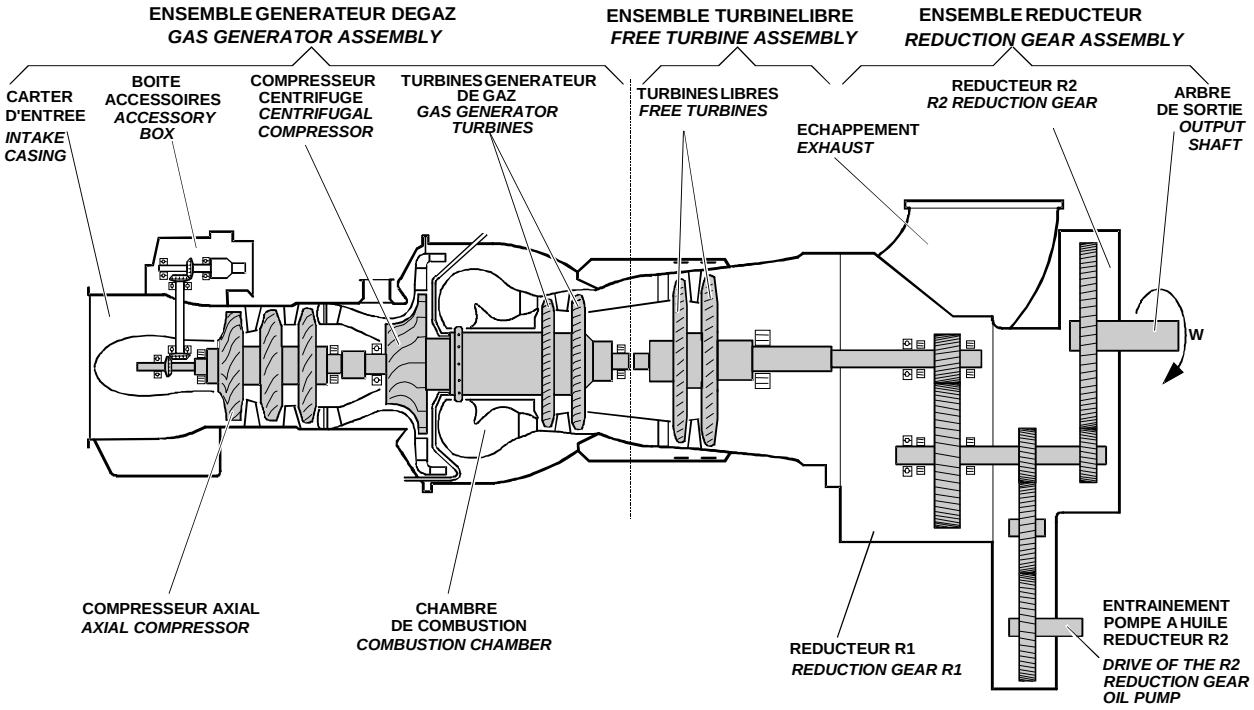



Figure 3 : Vue en coupe du turbomoteur MAKILA-TI / *Sectional view of the MAKILA-TI turboshaft engine*

### 1.5.2 - FONCTIONNEMENT

La turbine produit la puissance mécanique sur l'arbre de sortie en transformant l'énergie contenue dans l'air ambiant et dans le carburant. Cette puissance est produite par un cycle thermodynamique comprenant trois phases :

- la compression,
- la combustion,
- la détente et l'échappement.

La turbine fonctionne de la manière suivante :

- admission de l'air ambiant à travers le filtre et le conduit d'entrée d'air du caisson et du moteur,
- première compression par le compresseur axial qui suralimente le compresseur centrifuge,
- deuxième compression par le compresseur centrifuge. L'air est ainsi admis sous pression dans la chambre de combustion,
- combustion réalisée dans une chambre annulaire dans laquelle on utilise un débit d'air primaire pour la combustion et un débit d'air secondaire pour la dilution et le refroidissement des gaz brûlés,
- détente dans la turbine du générateur de gaz et la turbine libre qui extrait l'énergie nécessaire à l'entraînement des compresseurs et qui provoque la rotation de l'arbre de sortie,
- échappement par une tuyère d'échappement double courbée vers le haut.

### *1.5.2 - OPERATION*

*The turbine produces mechanical power on the output shaft by transforming the energy contained in the ambient air and fuel. This power is supplied through a thermodynamic cycle which comprises three phases:*

- *compression,*
- *combustion,*
- *expansion and exhaust.*

*The turbine operates as follows:*

- *admission of ambient air through the filter and the air intake duct of the enclosure and of the turbine,*
- *first compression by the axial compressor which supercharges the centrifugal compressor,*
- *second compression by the centrifugal compressor. The air is then admitted under pressure in the combustion chamber,*
- *combustion performed in an annular chamber in which the primary air flow ensures combustion and a secondary air flow ensures dilution and cooling of the burnt gases,*
- *expansion in the turbine of the gas generator and the free turbine which draws out the energy required to drive the compressors and which rotates the output shaft,*
- *exhaust with two outlets oriented upward.*

## 1.6 - L'ALTERNATEUR *(Figure 4)*

### 1.6.1 - PRESENTATION

L'alternateur proposé est du type basse tension - haut rendement. Il est installé dans le compartiment arrière du caisson sur une chaise qui permet son alignement avec le turbomoteur.

Les caractéristiques principales de l'alternateur sont les suivantes :

### 1.6.2 - DIMENSIONS

- Longueur ..... 2210 mm
- Largeur ..... 1050 mm
- Hauteur ..... 1250 mm
- Masse ..... 3700 kg

### 1.6.3 - PARTIE ELECTRIQUE

- Nombre de phases ..... 3
- Nombre de pôles ..... 4
- Couplage ..... 6 fils, couplage étoile, neutre sorti
- Puissance service continu à T 40 C ..... 1500 kVa
- Facteur de puissance ..... 0,8
- Tension ..... 400 V
- Fréquence ..... 50 Hz
- Vitesse ..... 1500 tr/mn
- Survitesse ..... 1800 tr/mn
- Classe d'isolation ..... H
- Protection ..... IP 23
- Service ..... S1
- Excitation ..... brushless AREP
- Régulation ..... type R449, 3F=R726
- Débit d'air ..... 1,6 $m^3/s$
- Taux d'harmoniques entre phases et phase neutre à vide et sur charge non déformante ..... < 3%
- Perte à vide ..... 20 kW
- Réactance (%)
- longit. synchrone ..... Xd : 271,5
- longit. transitoire ..... X'd : 25,4
- longit. subtransitoire ..... X"d : 14,6
- transver. synchrone ..... Xq : 162,9
- transver. subtransitoire ..... X"q : 19,1

## *1.6 - THE GENERATOR (Figure 4)*

### *1.6.1 - PRESENTATION*

*The generator is a low voltage type - high efficiency. It is installed in the rear compartment of the enclosure on a support which permits its alignment with the engine.*

*The main characteristics of the generator are as follows:*

### *1.6.2 - DIMENSIONS*

- *Length ..... 2,210 mm*
- *Width ..... 1,050 mm*
- *Height ..... 1,250 mm*
- *Weight ..... 3,700 kg*

### *1.6.3 - ELECTRICAL SECTION*

- *Number of phases ..... 3*
- *Number of poles ..... 4*
- *Coupling ..... 6 wires, star coupling + neutral*
- *Continous duty power at T° 40°C ..... 1,500 kVa*
- *Power factor ..... 0.8*
- *Voltage ..... 400 V*
- *Frequency ..... 50 Hz*
- *Speed ..... 1,500 rpm/mn*
- *Overspeed ..... 1,800 rpm*
- *Class of insulation ..... H*
- *Protection ..... IP 23*
- *Service ..... S1*
- *Energization ..... brushless AREP*
- *Control ..... type R449, 3F=R726*
- *Air flow ..... 1.6 $m^3/s$*
- *Harmonic factor between phases and no load neutral phase and non deforming phase ..... < 3%*
- *No load loss ..... 20 kW*
- *Reactance (%)*
- *synchronous direct-axis. ..... Xd: 271.5*
- *transient direct-axis ..... X'd: 25.4*
- *sub-transient direct-axis ..... X"d: 14.6*
- *synchronous quadrature-axis ..... Xq: 162.9*

- homopolaire ..... Xo :7,3
- inverse..... X2 :16,9
- rapport de court-circuit ..... T : 0,43

• Constantes de temps (%)

- T'do ..... 2,777 sec
- T'd ..... 0,260 sec
- T"d..... 0,023 sec
- T"q..... 0,032 sec
- Ta ..... 0,069 sec

### 1.6.4 - PARTIE MECANIQUE

- Niveau vibratoire global..... 1,8 mm/s RMS
- Forme de construction ..... bipalier, hauteur d'axe 500 mm
- Type de refroidissement..... air (ICOA1)
- Boite à bornes ..... standard
- Bout d'arbre..... nu à clavette

### 1.6.5 - ACCESSOIRES

- Contrôles des températures..... 3 sondes stator + 2 sondes palier
- Résistance de chauffage..... 220 V / 500 W monophasée
- 3 transformateurs de courant double secondaire côté neutre (mesure et protection)
- Les transformateurs de régulation

### 1.6.6 - LES RENDEMENTS

- *sub-transient quadrature-axis ..... X"q: 19.1*
- *zero phase-sequence..... Xo:7.3*
- *negative phase-sequence ..... X2:16.9*
- *short-circuit ratio..... T: 0.43*

• *Time constants (%)*

- *T'do ..... 2.777 sec*
- *T'd ..... 0.260 sec*
- *T"d..... 0.023 sec*
- *T"q..... 0.032 sec*
- *Ta ..... 0.069 sec*

### *1.6.4 - MECHANICAL SECTION*

- *Global vibration level..... 1.8 mm/s RMS*
- *Construction features ..... two-bearing, axis height 500 mm*
- *Type of cooling ..... air (ICOA1)*
- *Motor connection box..... standard*
- *Shaft extension ..... keyway*

### *1.6.5 - ACCESSORIES*

- *Temperature control..... 3 stator probes + 2 bearing probes*
- *Single-phase ..... 220 V / 500 W heating resistance*
- *3 current transformers with 3 secondary coils on the neutral side (measurement and protection)*
- *Regulation transformers*

### *1.6.6 - EFFICIENCIES*

| CHARGE / *LOAD* | 1/4 | 2/4 | 3/4 | *4/4* |
|---|---|---|---|---|
| Cos φ = 0,8 | 93,6 | 96,0 | 96,4 | *96,5* |
| Cos φ = 1 | 94,0 | 96,5 | 97,2 | *97,4* |

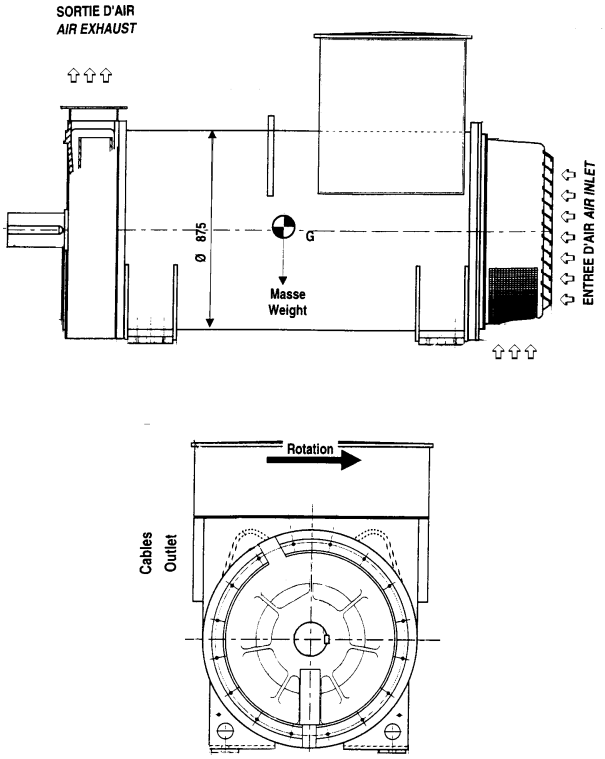



Figure 4 : L'alternateur BT – haut rendement / *Low voltage generator – high efficiency*

## 1.7 - L'ACCOUPLEMENT *(Figure 5)*

Le système d'accouplement est de type flexible à double flectors avec dispositif de protection surcouple intégré.

Les fonctions du système d'accouplement sont les suivantes :

- assurer l'entraînement mécanique de l'alternateur par le turbomoteur,
- protéger la turbine contre les risques de surcouple en assurant un désaccouplement instantané de l'alternateur en cas de défaut électrique,
- tolérer un désalignement résiduel entre l'arbre du turbomoteur et celui de l'alternateur.

### 1.7.1 - FONCTIONNEMENT DU LIMITEUR DE COUPLE

Un limiteur de couple hydraulique de type SAFESET est installé entre deux manchons fixés sur les arbres du turbomoteur et de l'alternateur.

Ce système dispose d'une chambre hydraulique dans laquelle on introduit de l'huile à une pression qui définit la valeur du surcouple de déclenchement. Sous l'effet de la déformation due à la pression d'huile, l'accouplement est bloqué par friction et assure la transmission du mouvement en marche normale.

## *1.7 - THE COUPLING (Figure 5)*

*The coupling system is of the flexible type with two flectors and an integrated overtorque protection device.*

*The coupling system ensures the following functions:*

- *mechanical drive of the generator by the gas turbine,*
- *protection of the turbine against overtorque risks, by instantaneous uncoupling of the generator in case of electrical defect,*
- *tolerance of a residual misalignment between the gas turbine shaft and that of the generator.*

### *1.7.1 - OPERATION OF THE TORQUE LIMITER*

*A SAFESET hydraulic torque limiter is installed between two sleeves secured to the shafts of the gas turbine and the generator.*

*This system has an hydraulic chamber in which oil is introduced at a pressure which defines the triggering overtorque value. The distortion due to the oil pressure causes the coupling to be blocked (by friction) and ensures the movement transmission in normal operation.*

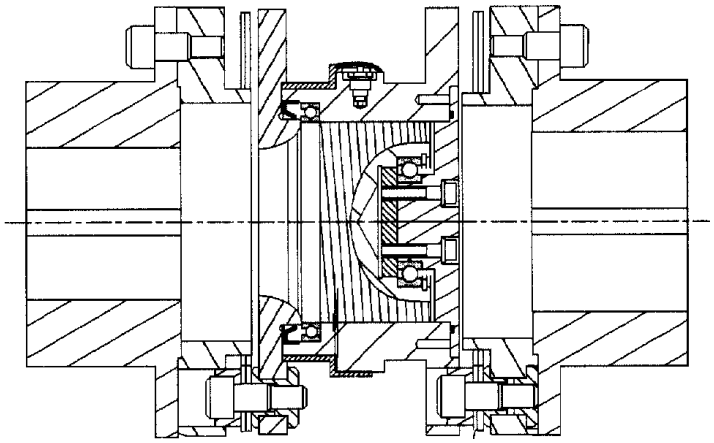


Figure 5 : L'accouplement / *The coupling*

En cours de fonctionnement si le couple dépasse la valeur correspondant à la pression de l'huile dans la chambre, les deux corps glissent l'un par rapport à l'autre, l'étrier casse le tube interrupteur ce qui provoque la chute de la pression d'huile de la chambre et sépare ainsi les deux corps du limiteur de couple. Le turbomoteur est alors désolidarisé de l'alternateur.

Note : le système est prévu pour être réarmé en quelques minutes par le personnel exploitant.

*During operation, if the torque exceeds the value corresponding to the oil pressure in the chamber, the two bodies slide, the stirrup breaks the frangile tube which causes the oil pressure of the chamber to drop and thus separates the two bodies of the torque limiter. The gas turbine is then separated from the generator.*

*Note: the operator can rearm the system in a few minutes.*

## 1.8 - LE CAISSON *(Figure 6)*

Le caisson est composé d'un châssis et d'un capotage. Il permet l'intégration du turbomoteur, de l'alternateur et des différents équipements périphériques.

### 1.8.1 - LE CAPOTAGE

Le capotage est divisé en deux compartiments séparés par une cloison étanche : le compartiment moteur et le compartiment alternateur.

Le compartiment moteur comprend un sous-compartiment d'admission des fluides et un sous-compartiment électrique. Le capotage est recouvert d'une couche de peinture époxy afin de le protéger contre la corrosion.

Les fonctions du capotage sont les suivantes:

- insonorisation du caisson (< 85 dB(A) à 1 m en champ libre),
- protection contre la poussière et l'eau,
- tenue au feu,
- étanchéité à d'éventuelles fuites de gaz au niveau du compartiment turbomoteur,
- support des silencieux,
- raccordement des circuits.

## *1.8 - THE PACKAGE (Figure 6)*

*The package consists of a frame and an enclosure. It is used for the integration of the gas turbine, the generator and the different peripheral equipment items.*

### *1.8.1 - THE ENCLOSURE*

*The enclosure is divided into two compartments separated by a soundproofing partition: turbine and generator compartments.*

*The turbine compartment consists of a fluid admission sub-compartment and an electrical sub-compartment. The enclosure is covered by an epoxy layer in order to protect it against corrosion.*

*The enclosure has the following functions:*

- *soundproofing of the package (< 85 dB(A) at 1 m in the open,*
- *protection against dust and water,*
- *fire resistance,*
- *sealing against possible gas leaks from the gas turbine compartment,*
- *support of silencers,*
- *connection of systems.*

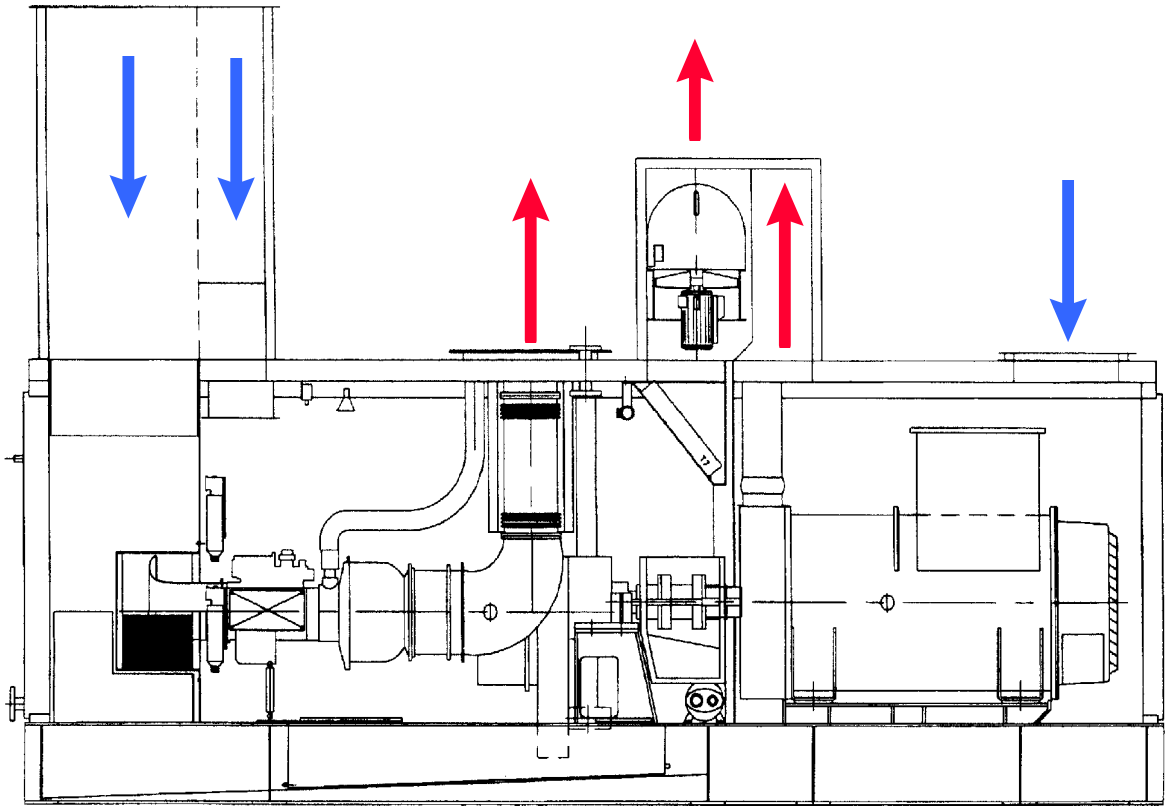


Figure 6 : Le caisson / *The enclosure*

### 1.8.2 - LE CHASSIS

Le châssis est fabriqué en IPE 400 et soudé en continu. Il est recouvert d'une couche de 60 microns de peinture époxy.

Les fonctions du châssis sont les suivantes :

- supportage du turbomoteur, de l'alternateur et du capotage,
- maintien de l'alignement turbomoteur-alternateur,
- fixation au sol du caisson,
- aide au transport et à la manutention du caisson,
- connexion des circuits,
- récupération des égouttures.

### *1.8.2. - THE FRAME*

*The frame is made up of continuous seam-welded IPE 400. It is covered by a 60-micron thick epoxy paint.*

*The frame has the following functions:*

- *to support the gas turbine, the generator and the enclosure,*
- *to maintain the alignment between the engine and the generator,*
- *to secure the enclosure to the ground,*
- *to facilitate transport and handling of the enclosure,*
- *connection of systems,*
- *scavenging of drains.*

## 2 - LES CIRCUITS

### 2.1 - CIRCUIT AIR DE COMBUSTION *(Figure 7)*

Le circuit d'entrée d'air de combustion permet de filtrer la totalité de l'air de combustion nécessaire au fonctionnement du moteur, de véhiculer l'air ainsi filtré jusqu'à l'entrée d'air du moteur et d'atténuer le niveau sonore.

Le filtre d'entrée d'air est dimensionné pour traiter un volume d'air nécessaire à la combustion dans le turbomoteur tout en limitant les pertes de charge. Il est principalement constitué de quatre éléments filtrants de haute efficacité à média synthétique de forme conique disposés horizontalement.

Un dispositif de contrôle formé de deux manocontacts permet de prévenir l'encrassement des filtres (manocontact "alarme" réglé à 65 mm H2O) et permet l'arrêt du turboalternateur en cas d'encrassement trop important (manocontact "sécurité" réglé à 80 mm H2O) :

### 2.2 - CIRCUIT ECHAPPEMENT GAZ *(Figure 7)*

Le circuit d'échappement a pour fonction de véhiculer les gaz chauds issus de la combustion.

Deux compensateurs de dilatation absorbent les efforts dus aux contraintes mécaniques et thermiques entre le turbomoteur et le collecteur du caisson. Ils sont fixés au moyen de colliers entre la tuyère d'échappement du turbomoteur et le collecteur. Ils sont recouverts d'un calorifugeage pour éviter une élévation trop importante de la température dans le compartiment turbomoteur.

Le collecteur d'échappement est fixé sur le panneau supérieur du caisson pour assurer :

- l'évacuation des gaz d'échappement hors du caisson,
- l'interface entre le caisson et les éléments extérieurs du circuit des gaz d'échappement.

## *2 - SYSTEMS*

### *2.1 - COMBUSTION AIR SYSTEM (Figure 7)*

*The combustion air intake system provides the means of filtering all the combustion air necessary for the operation of the gas turbine, conveying the filtered air to the gas turbine air intake, and attenuating the noise level.*

*The size of the air filter is defined to process the volume of air necessary for the combustion process inside the gas turbine, whilst limiting pressure losses. Its main components are four high-efficiency synthetic media filter elements. These filters have a conical shape and are located horizontally.*

*A monitoring device, consisting of two pressure switches, provides advanced warning of filter clogging ("alarm" pressure switch set at 65 mm $H_2O$) and enables the turbo-generator to be shut down if clogging becomes excessive ("safety" pressure switch set at 80 mm $H_2O$):*

### *2.2 - EXHAUST GAS SYSTEM (Figure 7)*

*The function of the exhaust gas system is to convey the hot gases from the combustion process.*

*Two expansion bellows take up the stresses induced by the mechanical and thermal constraints between the gas turbine and the manifold of the package. They are secured between the gas turbine exhaust pipe and the manifold by means of clamps. They are lagged in order to prevent an excessive temperature rise in the gas turbine compartment.*

*The exhaust manifold is secured onto the upper panel of the package and provides the following functions:*

- *it evacuates the exhaust gases outside the package,*
- *it constitutes the interface between the package and the external components of the exhaust gas system.*

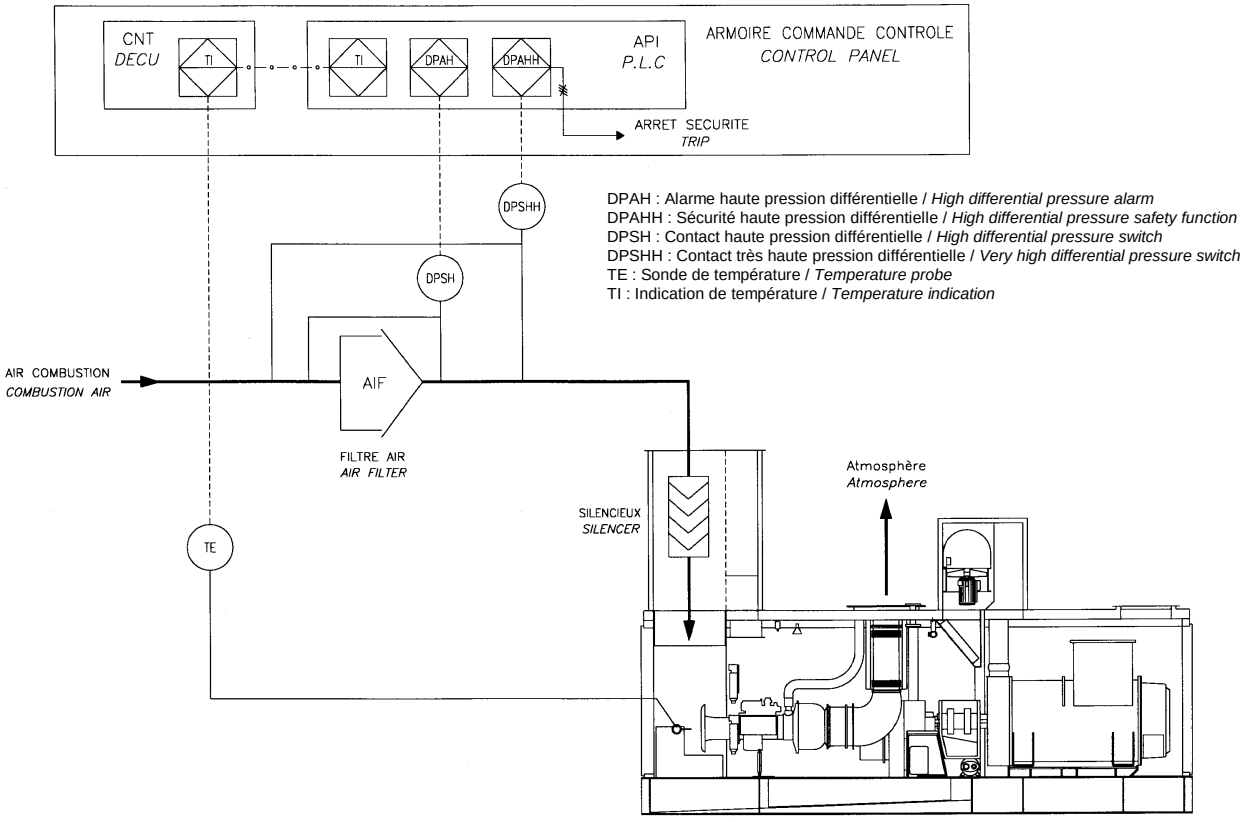



Figure 7 : Circuits air combustion et échappement gaz / *Combustion air and exhaust gas systems*

## 2.3 - CIRCUITS DE VENTILATION *(Figure 8)*

### 2.3.1 - VENTILATION DU COMPARTIMENT MOTEUR

Le circuit d'air de ventilation du compartiment moteur assure principalement la filtration de l'air par des filtres régénérables, l'atténuation du niveau sonore, le refroidissement du compartiment moteur et l'évacuation vers l'extérieur de toute accumulation de gaz. Le débit d'air est calculé pour que la température maximum à l'intérieur du caisson lorsque le groupe est en fonctionnement ne dépasse pas 55 °C.

#### Fonctionnement

Lors de la phase de démarrage et pendant le fonctionnement normal du groupe, les volets d'isolement du caisson doivent être en position ouverte, dans le cas contraire, le groupe ne pourra pas démarrer. La position des volets d'isolement est contrôlée au moyen d'un contact de fin de course.

A l'ordre de mise en marche du groupe, le compartiment est ventilé et son air renouvelé plusieurs fois avant le démarrage du turbomoteur.

La ventilation est assurée par le motoventilateur qui aspire l'air du caisson à travers le radiateur de refroidissement d'huile et le refoule vers l'extérieur.

## *2.3 - VENTILATION SYSTEMS (Figure 8)*

### *2.3.1 - GAS TURBINE COMPARTMENT VENTILATION*

*The main functions of the gas turbine compartment are to filter the air through cleanable air filters, to attenuate the noise level, to cool the gas turbine compartment and to evacuate any gas accumulation to the outside atmosphere. The air flow is calculated in such a way that the maximum temperature inside the package does not exceed 55 °C while the power unit is running.*

#### *Operation*

*During the starting phase and during the normal operation of the power unit, the package isolation louvers must be open, otherwise the power unit will not be able to start. The position of the isolation louvers is monitored by a limit switch.*

*When the power unit start-up order is given, the compartment is ventilated and its air is renewed several times before the gas turbine is started.*

*Ventilation is provided by the motor-fan unit, which draws the air from the package through the oil cooler and discharges it to the outside atmosphere.*

Une dépression est créée alors à l'intérieur du caisson, l'air frais est aspiré au travers du filtre et du silencieux d'entrée d'air. Cet air frais permet le refroidissement interne du compartiment turbomoteur.

### Alarmes et sécurités

Si la température du compartiment s'élève et dépasse un seuil fixé à 70 °C, une alarme visuelle et sonore est émise sur le pupitre opérateur mais le turbomoteur ne s'arrête pas. Si la température atteint le seuil de sécurité fixé à 79 °C, le moteur s'arrête mais la ventilation se poursuit afin de ramener la température du compartiment au niveau normal.

Après une séquence normale d'arrêt du turbomoteur, une post-ventilation de plusieurs minutes est effectuée automatiquement. Cette séquence n'a cependant pas lieu lors d'un arrêt d'urgence ou lors de l'arrêt causé par le système de "détection incendie".

*A negative pressure is therefore established inside the package, as the fresh air is drawn in through the air filter and the air intake silencer. This fresh air is used to cool the inside of the gas turbine compartment.*

### *Alarms and safety functions*

*If the temperature in the compartment rises and exceeds a threshold set at 70 °C, a visual and audible alarm is activated on the operator control panel but the gas turbine does not shut down. If the temperature reaches a safety threshold set at 79 °C, the gas turbine shuts down but the ventilation system continues to operate in order to bring the temperature inside the compartment down to the normal level.*

*After a normal gas turbine shut-down sequence, a post-ventilation period is sustained automatically for several minutes. However, this sequence is not sustained in the case of an emergency shut-down, or in the case of a shut-down caused by the "fire detection" system.*

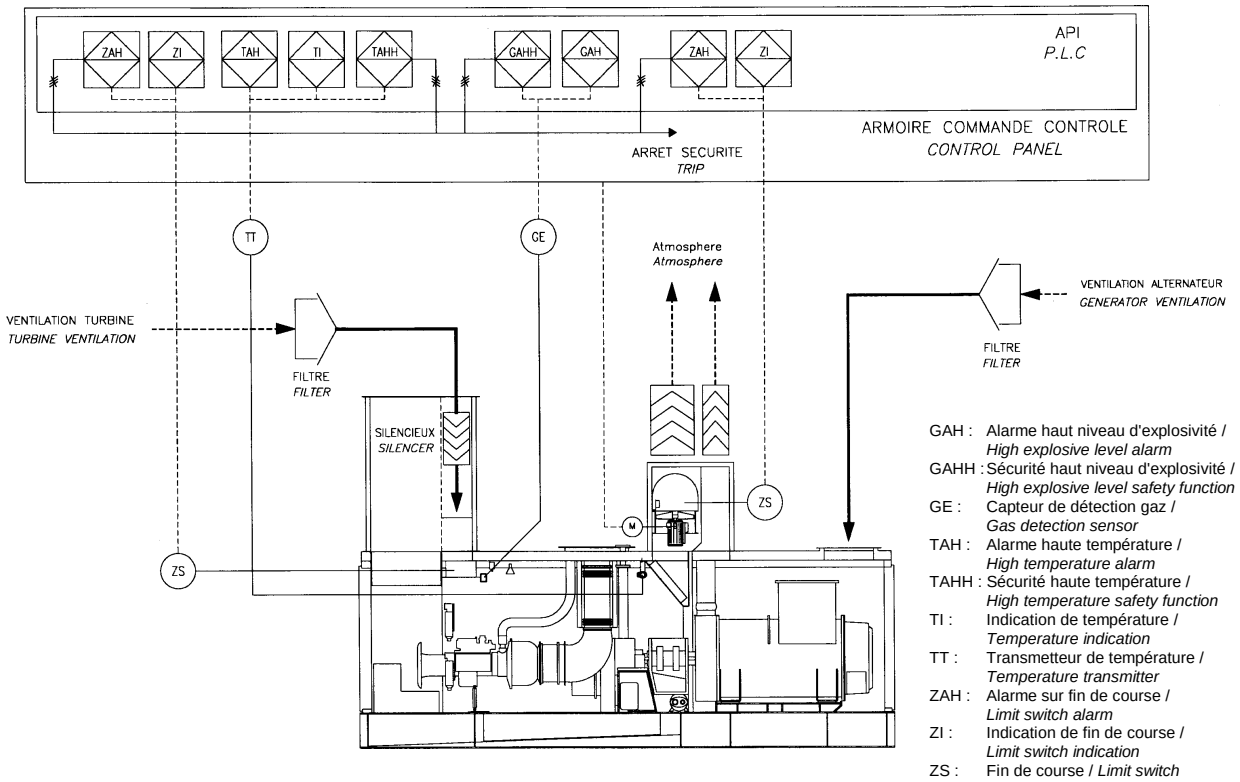



Figure 8 : Circuits air ventilation et détection gaz / *Ventilation and gas detection systems*

### 2.3.2 - VENTILATION DU COMPARTIMENT ALTERNATEUR

Le circuit d'air de ventilation du compartiment alternateur assure principalement la filtration de l'air par des filtres régénérables, l'atténuation du niveau sonore et le refroidissement de l'alternateur. Le débit d'air est calculé pour que la température maximum à l'intérieur du caisson lorsque le groupe est en fonctionnement ne dépasse pas 55 °C. La ventilation est assurée par le ventilateur de l'alternateur.

#### Fonctionnement

Le ventilateur est monté sur l'arbre de l'alternateur. Il aspire l'air extérieur au travers de la gaine d'entrée d'air de ventilation du compartiment alternateur. Cet air refroidit l'alternateur puis est refoulé vers l'extérieur par la gaine de sortie ventilation du compartiment.

#### Alarmes et sécurités

Si les sondes thermiques détectent une température de stator supérieure au seuil de 150 °C, l'alarme est déclenchée. L'atteinte du seuil de sécurité fixé à 155 °C provoque l'ouverture du disjoncteur groupe.

De même, si la température d'un palier atteint le seuil de 90 °C, l'alarme se déclenche. L'arrêt du groupe est déclenchée lors du dépassement du seuil de sécurité fixé à 95 °C.

## 2.4 - CIRCUIT DETECTION GAZ *(Figure 8)*

Le circuit détection gaz surveille la concentration de gaz inflammables dans l'atmosphère du compartiment turbomoteur.

Il signale à l'automate et à l'utilisateur que le mélange air-gaz a atteint les seuils de réglage exprimés en pourcentage de seuils bas d'inflammabilité ou d'explosivité (% LEL).

Le circuit détection gaz est composé d'un coffret de signalisation situé hors de la zone à risques près de l'armoire de commande et de contrôle et d'un détecteur de gaz situé dans le compartiment turbomoteur.

### 2.4.1 - FONCTIONNEMENT

Le détecteur de gaz mesure en permanence la proportion de gaz ambiant présent dans le compartiment et envoie un signal analogique proportionnel, au coffret de signalisation.

### 2.4.2 - ALARMES ET SÉCURITÉS

Si la concentration de gaz dépasse le premier seuil, l'avertisseur sonore retentit, la ventilation se met en route et un message apparaît sur l'afficheur du coffret. L'alarme s'arrête lorsque la concentration redescend en dessous du seuil.

### *2.3.2 - GENERATOR COMPARTMENT VENTILATION*

*The main functions of the generator compartment ventilation air system are to filter the air through cleanable air filters, attenuate the noise level and cool the generator. The air flow is calculated in such a way that the maximum temperature inside the package does not exceed 55 °C while the power unit is running. The ventilation is provided by the generator fan.*

#### *Operation*

*The fan is mounted on the generator shaft. It draws air in from the outside through the generator compartment ventilation air intake duct. This air cools the generator and is then discharged to the outside atmosphere via the generator compartment ventilation discharge duct.*

#### *Alarms and safety functions*

*If the temperature probes detect a stator temperature which exceeds the threshold of 150 °C, the alarm is triggered. If the safety threshold of 155 °C is reached, the power unit circuit breaker opens.*

*Similarly, if the temperature of a bearing reaches 90 °C, the alarm is triggered. The power unit is shut down as soon as the safety threshold, set at 95 °C, is exceeded.*

## *2.4 - GAS DETECTION SYSTEM (Figure 8)*

*The gas detection system monitors the concentration of flammable gases in the atmosphere inside the gas turbine compartment.*

*It informs the PLC and the user that the air/gas mixture has reached the set thresholds defined as percentages of the lower flammability or explosive level (% LEL).*

*The gas detection system consists of an indication unit located outside the hazardous area, near the control and indication panel, and a gas detector located inside the gas turbine compartment .*

### *2.4.1 - OPERATION*

*The gas detector permanently measures the proportion of ambient gas present in the compartment, and outputs a proportional analog signal to the indication unit.*

### *2.4.2 - ALARMS AND SAFETY FUNCTIONS*

*If the gas concentration exceeds the first threshold, the audible warning is triggered, the ventilation starts and a message is displayed on the display of the indication unit. The alarm stops as soon as the concentration falls back below the threshold.*

En cas de dépassement d'un deuxième seuil, l'automate arrête le groupe sur sécurité. La ventilation du compartiment turbomoteur continue pour évacuer la concentration excessive de gaz.

## 2.5 - CIRCUIT DETECTION-EXTINCTION INCENDIE *(Figure 9)*

Le système de détection et d'extinction incendie du groupe turbo-alternateur est conforme à la recommandation APSAD R3. Il est composé des éléments suivants :

- *Un circuit de détection incendie* qui comprend deux détecteurs optiques UV-IR de flamme dans le compartiment moteur et deux détecteurs de fumée situés dans le compartiment alternateur, le coffret de détection qui traite l'information reçue des détecteurs d'incendie et déclenche le processus d'extinction. (ce coffret est sauvegardé par une batterie qui permet le fonctionnement du système pendant 12 heures en cas de coupure de l'alimentation).
- *Un ensemble bouteille d'agent extincteur* situé à l'extérieur du caisson qui comprend une bouteille de CO2, une vanne à tête pyrotechnique placée sur la tête de la bouteille afin de permettre son ouverture par commande électrique, un contrôleur de charge qui supporte verticalement la bouteille composé d'un peson à lecture directe et d'un contacteur qui signale la perte de poids à l'armoire en cas d'utilisation ou de fuites.
- *Un bris de glace*, placé sur la face extérieure avant du caisson, qui est constitué d'une poignée de commande.
- *Un circuit d'extinction* placé sous le plafond du caisson qui conduit l'agent extincteur aux vérins des volets d'isolement pour leur fermeture, aux deux diffuseurs pour l'extinction de l'incendie et à un détecteur de pression pour informer l'armoire de commande et de contrôle de l'émission de l'agent extincteur.
- *Une sirène de signalisation* pour avertir de la nécessité d'évacuer le local avant diffusion du CO2.

### 2.5.1 - FONCTIONNEMENT

- Une alarme (sans émission d'agent extincteur) apparaît en cas d'une détection par un seul détecteur. Le déclenchement se fait lorsque deux détecteurs flammes et/ou fumées au moins sont activés. Le coffret de détection traite alors l'information reçue des détecteurs et la transmet à l'armoire de commande et de contrôle qui provoque l'arrêt immédiat du groupe et des ventilateurs du circuit d'air du caisson.

Le coffret permet alors l'ouverture de la bouteille d'agent extincteur, la fermeture des volets d'isolement des compartiments, l'acheminement et la diffusion de l'agent extincteur à l'intérieur du groupe.

*If the second threshold is exceeded, the PLC stops the power unit in safety mode. The ventilation of the gas turbine compartment continues in order to evacuate the excessive gas concentration.*

## *2.5 - FIRE DETECTION AND EXTINGUISHING SYSTEM (Figure 9)*

*The fire detection and extinguishing system of the power unit complies with recommendation APSAD R3. It consists of the following components:*

- *A fire detection system, which comprises two UV-IR optical flame sensors located in the gas turbine compartment, two smoke detectors located in the generator compartment, and the detection unit which processes the information received from the fire detectors and triggers the extinguishing process (this unit is battery-backed, which enables the system to operate for 12 hours in the case of a power failure).*
- *An extinguishing agent cylinder assembly located outside the package, which comprises a cylinder of CO2, a valve with a pyrotechnic release head located on the top of the cylinder (for electrical valve opening), a gas charge monitor which vertically supports the CO2 cylinder and comprises a direct read-out weighing device, and a contactor which informs the control and indication panel of any weight loss if the system is used or in case of leakage.*
- *A glass breaker located on the front outside face of the package, which consists of a control handle.*
- *A fire extinguishing system located beneath the ceiling of the package, which channels the extinguishing agent: to the isolation louver actuator cylinders in order to close the latter, to the two diffusers in order to extinguish the fire, and to a pressure sensor in order to inform the control and indication panel that the extinguishing agent has been discharged.*
- *A warning siren, to warn all personnel to evacuate the area before the $CO_2$ is discharged.*

### *2.5.1 - OPERATION*

- *An alarm (without emission of the extinguishing agent) is activated if a fire is detected by only one detector. The extinguishing system is only triggered when at least two flame and/or smoke detectors are activated. The detection unit then processes the information received from the detectors and sends it to the control and indication panel, which immediately shuts down the power unit and the fans of the package air system.*

*The unit then allows the cylinder of fire extinguishing agent to be opened, the isolation louvers of the compartments to be closed and the fire extinguishing agent to be routed to and diffused inside the power unit.*

Un manocontacteur signale à l'armoire, l'émission du produit. Le contacteur du système de pesée activé informe l'armoire de commande et de contrôle de la diminution de poids de la bouteille.

En cas de nécessité, l'action sur la poignée de commande manuelle commande directement l'ouverture de la vanne de la bouteille d'agent extincteur (2).

*A pressure switch informs the control panel that the product is being diffused. The contactor of the weighing system is activated and informs the control and indication panel that the weight of extinguishing agent in the cylinder has decreased.*

*If necessary, the manual control can be used to directly open the valve of the cylinder of extinguishing agent (2).*

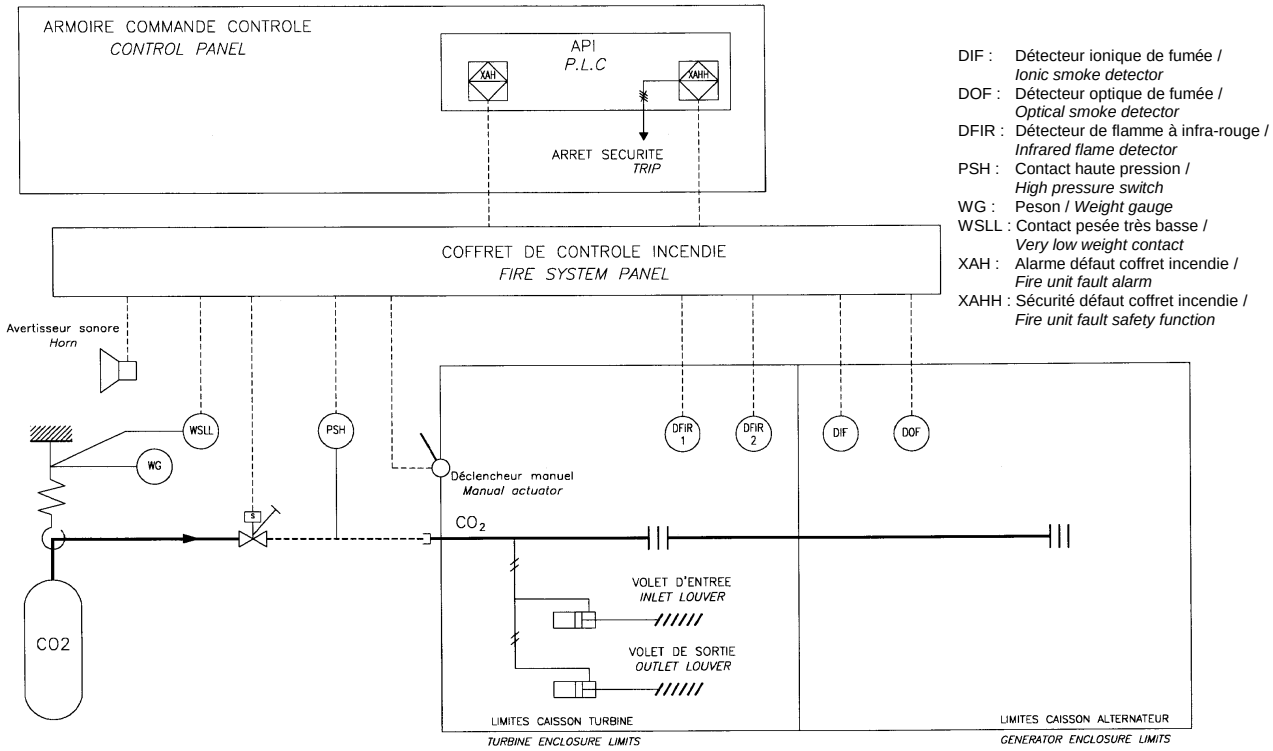



Figure 9 : Circuit détection/extinction incendie / *Fire detection/extinguishing system*

## 2.6 - CIRCUITS DE LUBRIFICATION

Le système de lubrification du groupe est composé de trois circuits distincts : le circuit de lubrification de la turbine et du réducteur 1er étage, le circuit de lubrification du réducteur 2ème étage et le circuit de refroidissement d'huile.

Ces circuits assurent les fonctions suivantes :

- le stockage de l'huile (dans un réservoir commun à tous les circuits),
- l'acheminement de l'huile dans le turbomoteur et les réducteurs,
- la filtration de l'huile,
- l'envoi des paramètres de fonctionnement à l'armoire de commande et de contrôle,
- le maintien de l'huile en dessous d'une température maximum.

### 2.6.1 - CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

- circuit moteur et réducteur 1 :

- débit du circuit de lubrification : 2000 litres/heure,
- type d'huile : synthétique,
- consommation moyenne : 0,02 l/h,
- pression nominale à l'entrée moteur : 3,5 bar relatif,
- filtration : 10 microns.

- circuit réducteur 2 :

- débit du circuit de lubrification : 1800 litres/heure,
- pression nominale : 3,5 bar relatif,
- filtration : 10 microns.

- circuit de refroidissement :

- débit du circuit de refroidissement : 4200 litres/heure,
- capacité de refroidissement : 25 kW,
- température de fonctionnement optimal : 65 °C.

### 2.6.2 - FONCTIONNEMENT

#### 2.6.2.1 - Circuit d'huile turbine et réducteur 1 *(Figure 10)*

La pompe (P1) du turbomoteur aspire l'huile dans le réservoir au travers de la crépine et la refoule vers le filtre puis dans les circuits de lubrification du turbomoteur et du réducteur 1er étage.

Les pompes de récupération à engrenages (P2), (P3), (P4) et (P5) qui sont internes au turbomoteur, aspirent l'huile dans les carters et la refoulent vers le réservoir.

## *2.6 - LUBRICATION SYSTEMS*

*The power unit lubrication system consists up of three separate systems: the turbine and 1st stage reduction gear lubrication system, the 2nd stage reduction gear lubrication system and the oil cooling system.*

*These systems provide the following functions:*

- *storage of the oil (in a common tank for all three systems),*
- *routing of the oil into the gas turbine and reduction gear units,*
- *filtering of the oil,*
- *transmission of the operating parameters to the control and indication panel,*
- *maintaining the oil temperature below a maximum temperature.*

### *2.6.1 - MAIN CHARACTERISTICS*

- *gas turbine and reduction gear 1 lubrication system:*

- *lubrication system oil flow-rate: 2000 litres per hour,*
- *oil type: synthetic,*
- *average oil consumption: 0.02 l/h,*
- *nominal pressure at gas turbine inlet: 3.5 bars gauge,*
- *filtering: 10 microns.*

- *reduction gear 2 lubrication system:*

- *lubrication system oil flow-rate: 1800 litres per hour,*
- *nominal pressure: 3.5 bars gauge,*
- *filtering: 10 microns.*

- *cooling system:*

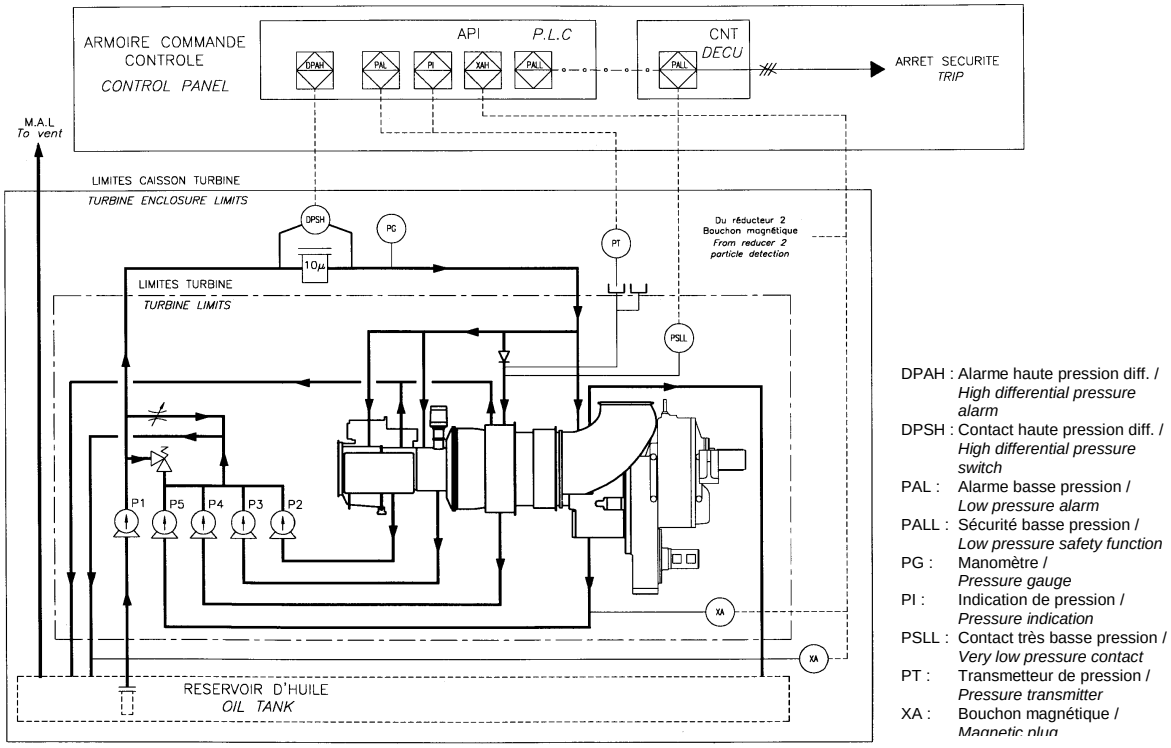
- *cooling system oil flow-rate: 4200 litres per hour,*
- *cooling capability: 25 kW,*
- *optimum operating temperature: 65 °C.*

### *2.6.2 - OPERATION*

#### *2.6.2.1 - Gas turbine and reduction gear 1 lubrication system (Figure 10)*

*Pump (P1) of the gas turbine draws oil from the tank and discharges it to the filter and then into the gas turbine and 1st stage reduction gear lubrication systems.*

*Gear-type scavenge pumps (P2), (P3), (P4) and (P5), which are internal to the gas turbine, suck the oil up from the casings and return it to the tank.*




DPAH : Alarme haute pression diff. / *High differential pressure alarm*
DPSH : Contact haute pression diff. / *High differential pressure switch*
PAL : Alarme basse pression / *Low pressure alarm*
PALL : Sécurité basse pression / *Low pressure safety function*
PG : Manomètre / *Pressure gauge*
PI : Indication de pression / *Pressure indication*
PSLL : Contact très basse pression / *Very low pressure contact*
PT : Transmetteur de pression / *Pressure transmitter*
XA : Bouchon magnétique / *Magnetic plug*

Figure 10 : Circuit huile turbine et réducteur 1 / *Turbine and reduction gear 1 oil system*

### 2.6.2.2 - Circuits réducteur 2 et refroidissement d'huile *(Figure 11)*

#### Circuit réducteur 2

Dès la mise en fonctionnement, la pompe volumétrique (P6) du réducteur 2ème étage aspire l'huile dans le réservoir commun au travers de la crépine et la refoule vers le filtre puis dans le circuit de lubrification du réducteur. La pompe de récupération (P7) aspire et refoule l'huile vers le réservoir.

#### Circuit refroidissement d'huile

Dès la mise en fonctionnement du groupe, la motopompe électrique (PH) aspire l'huile dans le réservoir au travers de la crépine (H1) et la refoule vers l'aérorefroidisseur de manière à refroidir l'huile du réservoir.

### 2.6.2.3 - Arrêt moteur

Après l'arrêt du moteur, la pompe (PH) continue de fonctionner pendant 5 minutes afin d'abaisser la température de l'huile dans le réservoir.

### 2.6.2.4 - Mise à l'air libre

Les mises à l'air du circuit de lubrification sont acheminées vers le réservoir puis évacuées vers l'extérieur.

### *2.6.2.2 - Reduction gear 2 lubrication and oil cooling systems (Figure 11)*

#### *Reduction gear 2 lubrication system*

*As soon as the system is started, volumetric pump (P6) of the 2nd stage reduction gear unit draws oil from the common tank through the strainer, and discharges it to the filter and then into the reduction gear lubrication system. Scavenge pump (P7) sucks up the oil and returns it to the tank.*

#### *Oil cooling system*

*As soon as the power unit is started, the electric motor-pump unit (PH) draws fuel from the tank via strainer (H1), and discharges it to the air cooler in order to cool the oil in the tank.*

### *2.6.2.3 - Gas turbine shut-down*

*After shut-down of the gas turbine, pump (PH) continues to run for 5 minutes in order to decrease the temperature of the oil in the tank.*

### *2.6.2.4 - Venting*

*The lubrication system vents are routed back to the tank and evacuated to the outside atmosphere.*

## 2.6.3 - CONTRÔLES ET SÉCURITÉS

Ils s'opèrent d'une façon permanente par l'automate qui déclenche une alarme ou une sécurité suivant l'origine de l'information reçue :

- du transmetteur de température (TT) : sécurité haute température,
- des transmetteurs de pression (PT) : alarme basse pression,
- des manocontacts sécurité basse pression (PSLL),
- des bouchons magnétiques détecteur de particules métalliques à signalisation (XA) : alarme,
- du contacteur bas niveau d'huile (LSL) : alarme,
- des détecteurs de colmatage intégrés aux filtres (DPSH) : alarme.

Des indicateurs de niveau (LG) sur le réservoir et des manomètres (PG) sur les conduits permettent également d'effectuer un contrôle visuel.

## 2.6.3 - *MONITORING SYSTEMS AND SAFETY FUNCTIONS*

*These are operated on a permanent basis by the PLC, which triggers an alarm or a safety function depending on the origin of the information received:*

- *from the temperature transmitter (TT): high temperature safety function,*
- *from the pressure transmitters (PT): low pressure alarm,*
- *from the low pressure safety function pressure switches (PSLL),*
- *from the metal particle detection magnetic plugs with indication (XA): alarm,*
- *from the low oil level contactor (LSL): alarm,*
- *from the clogging detectors integrated into the filters (DPSH): alarm.*

*Level gauge (LG) on the tank and pressure gauges (PG) on the oil pipes also provide visual indication.*

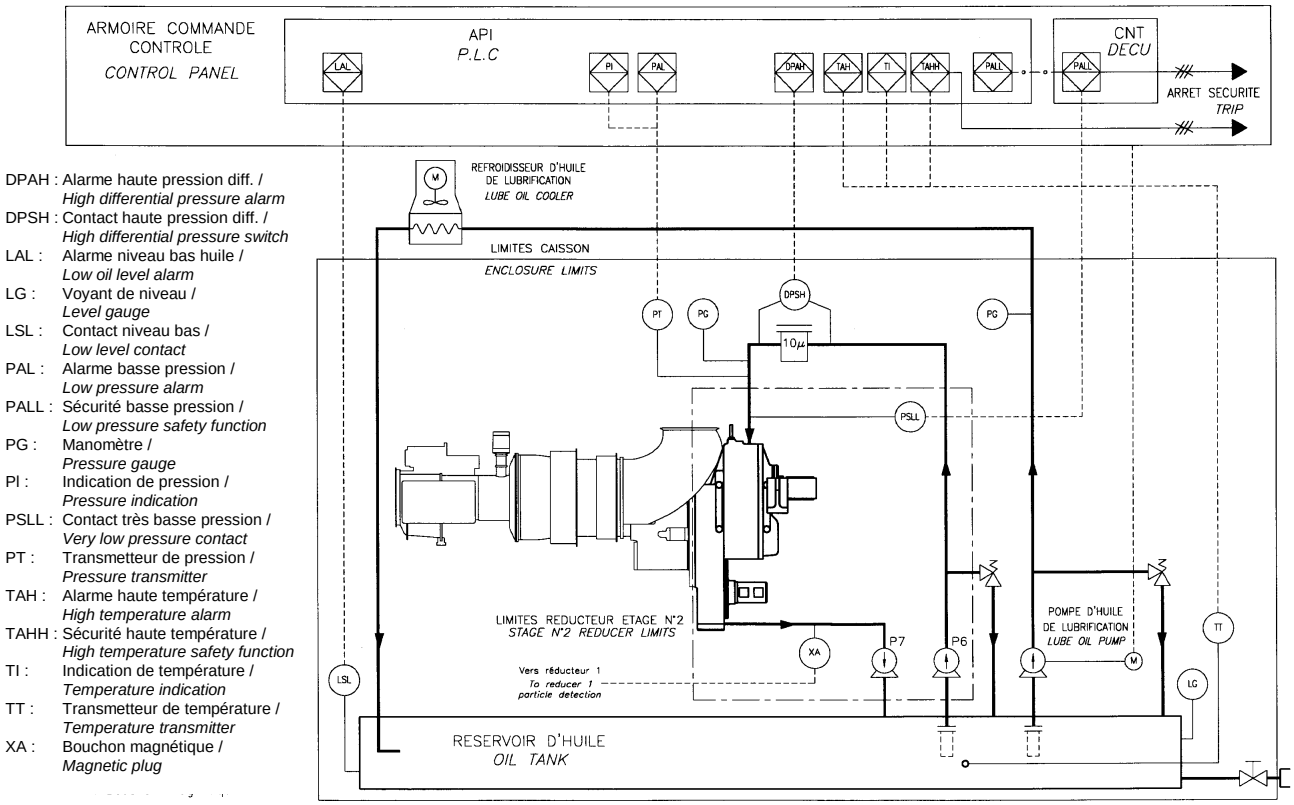

ARMOIRE COMMANDE CONTROLE
CONTROL PANEL
API
P.L.C
CNT
DECU
ARRET SECURITE
TRIP
REFROIDISSEUR D'HUILE DE LUBRIFICATION
LUBE OIL COOLER
LIMITES CAISSON
ENCLOSURE LIMITS
LIMITES REDUCTEUR ETAGE N°2
STAGE N°2 REDUCER LIMITS
POMPE D'HUILE DE LUBRIFICATION
LUBE OIL PUMP
RESERVOIR D'HUILE
OIL TANK
Vers réducteur 1
To reducer 1
particle detection
DPAH : Alarme haute pression diff. / High differential pressure alarm
DPSH : Contact haute pression diff. / High differential pressure switch
LAL : Alarme niveau bas huile / Low oil level alarm
LG : Voyant de niveau / Level gauge
LSL : Contact niveau bas / Low level contact
PAL : Alarme basse pression / Low pressure alarm
PALL : Sécurité basse pression / Low pressure safety function
PG : Manomètre / Pressure gauge
PI : Indication de pression / Pressure indication
PSLL : Contact très basse pression / Very low pressure contact
PT : Transmetteur de pression / Pressure transmitter
TAH : Alarme haute température / High temperature alarm
TAHH : Sécurité haute température / High temperature safety function
TI : Indication de température / Temperature indication
TT : Transmetteur de température / Temperature transmitter
XA : Bouchon magnétique / Magnetic plug

Figure 11 : Circuits huile réducteur 2 et refroidissement d'huile / *Reduction gear 2 lubrication and oil cooling systems*

## 2.7 - CIRCUIT CARBURANT GAZ *(Figure 12)*

### 2.7.1 - CIRCUIT CARBURANT GROUPE

Le circuit carburant gaz du groupe assure l'alimentation et la filtration de gaz nécessaire au fonctionnement du turbomoteur. Il est constitué de :

- une cuve et d'une cartouche filtrante (5 microns),
- un robinet de purge fixé sous la cuve du filtre qui permet d'évacuer manuellement les condensats vers l'extérieur du caisson et de vider le circuit carburant gaz avant une opération de maintenance,
- un transmetteur de pression situé en aval du filtre,
- une électrovanne de mise à l'air commandée par l'automate qui provoque l'ouverture et la fermeture du circuit de mise à l'air pour vider le circuit carburant à l'entrée du turbomoteur à l'arrêt,
- un flexible de raccordement qui assure une liaison souple entre l'électrovanne de sécurité et le turbomoteur,
- une électrovanne de sécurité anti-déflagrante commandée par l'automate.

Note : tout le circuit aval à la cartouche filtrante est en matière inoxydable.

#### Fonctionnement

Lorsque le circuit d'alimentation est sous pression, le gaz traverse le filtre et est débarrassé de ses impuretés. Le transmetteur (PT) informe l'automate de la pression du gaz. Si cette dernière est en dehors de la plage d'utilisation, l'automate interdit le démarrage.

Si la pression est correcte, l'automate permet l'ouverture de l'électrovanne de sécurité et le circuit du turbomoteur est alimenté.

En cours de fonctionnement, si la pression quitte la plage d'utilisation, l'automate est informé par le transmetteur (PT), il coupe alors l'alimentation électrique de l'électrovanne de sécurité, le turbomoteur n'est plus alimenté et s'arrête en mode sécurité.

Lors de l'arrêt normal du groupe, l'automate coupe l'alimentation électrique de l'électrovanne de sécurité, le turbomoteur n'est plus alimenté et s'arrête. L'automate active l'électrovanne de mise à l'air qui évacue le pression de gaz présente à l'entrée du circuit gaz du turbomoteur.

## *2.7 - FUEL GAS SYSTEM (Figure 12)*

### *2.7.1 - POWER UNIT FUEL SYSTEM*

The fuel gas system of the power unit supplies and filters the gas required for the operation of the gas turbine. It consists of:

- a cup-housing and a filter cartridge (5 microns),
- a bleed valve secured under the cup-housing of the filter, which enables the condensates to be manually evacuated to the outside of the package, and the fuel gas system to be emptied before carrying out a maintenance operation,
- a pressure transmitter located downstream of the filter,
- a vent solenoid valve controlled by the PLC, which opens and closes the venting system in order to drain the fuel system at the gas turbine intake when the latter is stopped,
- a connection hose, which provides a flexible connection between the safety solenoid valve and the gas turbine,
- an anti-explosion safety solenoid valve controlled by the PLC.

Note: *the entire system downstream of the filter is made of stainless materials*.

#### *Operation*

*When the fuel supply system is pressurised, the gas flows through the filter and is cleaned of its impurities. The pressure transmitter (PT) informs the PLC of the gas pressure. If the latter is outside the operating range, the PLC prohibits the start-up of the gas turbine.*

*If the pressure is correct, the PLC allows the safety solenoid valve to be opened and the turbine gas system is supplied with fuel gas.*

*During operation, if the pressure deviates outside the operating range, the PLC is informed by the pressure transmitter (PT) and cuts off the electric power supply to the safety solenoid valve; the gas turbine is no longer supplied with fuel gas and shuts down in safety mode.*

*On normal shut-down of the power unit, the PLC cuts off the electric power supply to the safety solenoid valve; the gas turbine is no longer supplied with fuel gas and stops. The PLC energises the vent solenoid valve which evacuates the gas pressure at the intake of the gas turbine fuel gas system.*

## 2.7.2 - CIRCUIT CARBURANT TURBINE

Le circuit carburant turbine comprend deux circuits :

- le circuit de démarrage qui alimente les injecteurs de démarrage, il est composé de :
  - une électrovanne d'allumage qui alimente les injecteurs,
  - deux injecteurs qui diffusent le gaz dans la chambre de combustion pendant la phase de démarrage,
  - deux allumeurs.
- le circuit principal qui alimente la rampe d'injection située dans la chambre de combustion, il est composé de :
  - une électrovanne d'arrêt qui commande l'alimentation en gaz du moteur,
  - un dispositif de dosage comprenant un doseur entraîné par un moteur pas à pas commandé par le calculateur turbine,
  - une rampe d'injection qui diffuse le gaz dans la chambre de combustion pendant la phase de fonctionnement.

### Fonctionnement

Le circuit carburant moteur est entièrement contrôlé par le Calculateur Numérique Turbine. Il fonctionne selon le cycle suivant :

#### Le démarrage

La fonction démarrage est sélectionnée sur l'armoire de commande et de contrôle. Cette action provoque l'ouverture de l'électrovanne d'allumage, les injecteurs de démarrage sont ainsi alimentés et diffusent le gaz dans la chambre de combustion qui s'enflamme au contact des allumeurs.

Après deux secondes, l'électrovanne d'arrêt est activée, un débit réduit de gaz passe par la rampe d'injection qui s'enflamme dans la chambre de combustion.

Après cinq secondes, l'électrovanne d'allumage et les deux allumeurs sont mis hors tension. Le carburant passe alors exclusivement par la rampe d'injection.

## *2.7.2 - TURBINE FUEL SYSTEM*

*The turbine fuel system comprises two systems:*

- *the starting fuel system, which supplies the starting injectors with fuel. It consists of:*
  - *an ignition solenoid valve, which supplies the injectors,*
  - *two injectors, which diffuse the gas into the combustion chamber during the starting phase,*
  - *two igniters.*
- *the main fuel system, which supplies the injection manifold located in the combustion chamber. It consists of:*
  - *a fuel shut-off solenoid valve, which controls the fuel gas supply to the gas turbine,*
  - *a metering device, which comprises a metering valve driven by a stepper motor which is controlled by the turbine digital electronic control unit,*
  - *a fuel injection manifold, which diffuses the fuel gas into the combustion chamber during the operating phase.*

### *Operation*

*The gas turbine fuel system is entirely controlled by the Turbine Digital Electronic Control Unit. It operates according to the following cycle:*

#### *Start-up*

*The start-up function is selected on the control and indication panel. This action causes the ignition solenoid valve to open, which supplies the starting injectors with fuel gas in order to diffuse the gas into the combustion chamber. The gas ignites on contact with the igniters.*

*After two seconds, the fuel shut-off solenoid valve is energised and a reduced gas flow passes through the injection manifold and ignites in the combustion chamber.*

*After five seconds, the ignition solenoid valve and the two igniters are de-energised. From this point onwards, the fuel gas passes only through the injection manifold.*

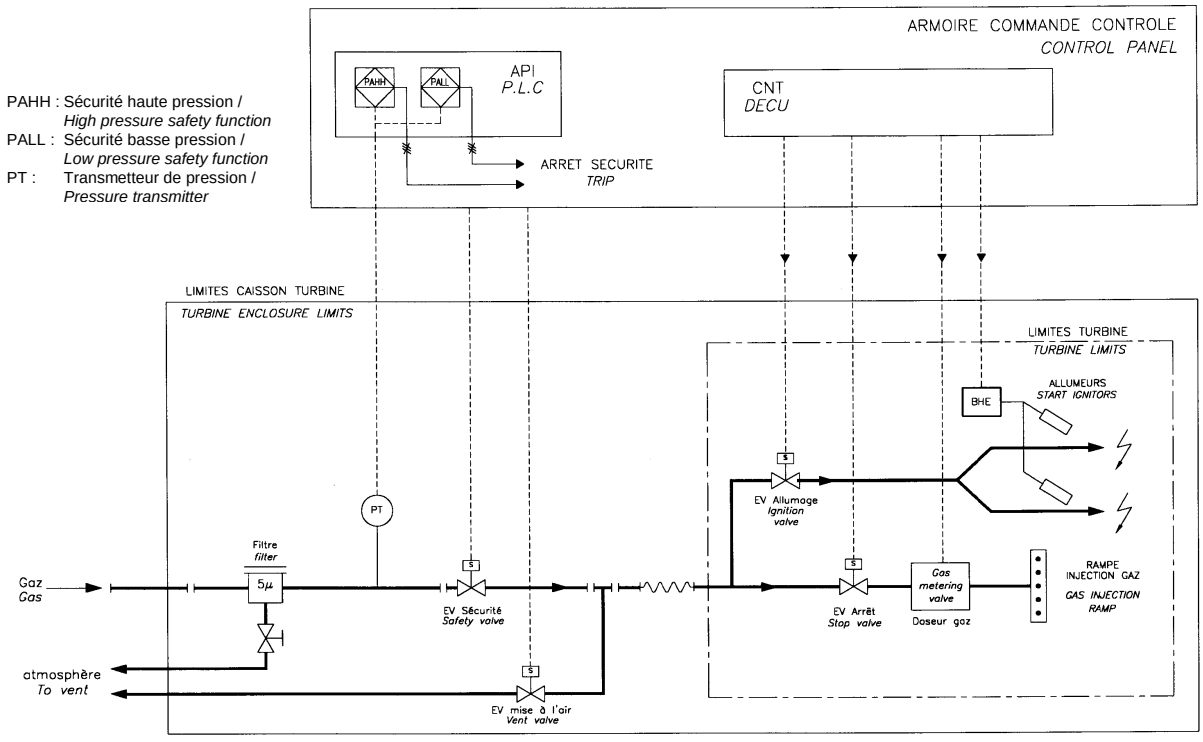



Figure 12 : Circuit carburant gaz / *Fuel gas system*

Tant que l'électrovanne d'arrêt est alimentée et pendant toute la durée de la phase de démarrage, le calculateur numérique turbine (CNT) commande l'accélération en fonction des paramètres d'entrée (NG, T4).

Cette commande est réalisée par l'intermédiaire du moteur pas à pas du doseur carburant. La vitesse de rotation de la turbine augmente ainsi jusqu'à sa valeur nominale.

### Le fonctionnement normal

En mode de fonctionnement normal, le calculateur agit sur le doseur afin d'augmenter ou de diminuer le débit de gaz admis dans la csethambre de combustion pour adapter la puissance à la valeur de consigne.

### L'arrêt

Tout ordre d'arrêt volontaire ou commandé par une sécurité se traduit par la fermeture du doseur de carburant et la coupure de l'alimentation électrique de l'électrovanne d'arrêt qui se ferme.

*For as long as the fuel shut-off solenoid valve is energised and during the entire starting phase, the turbine digital electronic control unit (DECU) controls the acceleration according to the input parameters (NG, T4).*

*This control is carried out by means of the stepper motor of the fuel metering valve. The turbine rotation speed increases in this manner until it reaches its nominal value.*

### Normal operation

*Under normal operation, the control unit acts on the metering valve in order to increase or decrease the flow of gas entering the combustion chamber and adapt the power to the set value.*

### Shut-down

*Any shut-down order given by the operator, or initiated by any of the safety functions, results in the closing of the fuel metering valve and the de-energisation of the fuel shut-off solenoid valve, which also closes.*

## 2.8 - CIRCUIT LAVAGE COMPRESSEUR *(Figure 13)*

L'ensemble de lavage compresseur assure le nettoyage de la veine d'air du turbomoteur afin de maintenir les performances des compresseurs du turbomoteur.

Le lavage s'effectue en injectant un produit détergent à l'entrée du carter d'entrée d'air devant les compresseurs axiaux et entre le 2ème et le 3ème étage axial du turbomoteur afin d'enlever les impuretés qui auraient pu s'y déposer. L'utilisation d'un produit détergent évite d'avoir à amener une arrivée d'eau sur le site.

L'ensemble de lavage compresseur est principalement constitué par :

- un groupe de lavage situé à l'extérieur du caisson (un groupe peut être commun à plusieurs turbomoteurs), il est composé d'un réservoir de 200 litres translucide qui assure le stockage du détergent, une tuyauterie d'alimentation de la pompe équipée d'un robinet 1/4 de tour et d'une pompe centrifuge entraînée par un moteur électrique triphasé.
- un circuit d'alimentation situé dans le compartiment moteur qui est composé d'un filtre 10 microns, d'une électrovanne d'ouverture/fermeture, d'un détendeur qui ramène la pression entre 3,8 et 4 bar, d'un clapet anti retour et d'un drain situé sous le moteur.

Deux opérations complémentaires sont possibles :

### 2.8.1 - LE LAVAGE (ON LINE)

Le lavage dit "ON LINE" s'effectue sans l'arrêt du groupe. La séquence est automatique, son but est d'éviter l'encrassement profond du moteur.

#### Fonctionnement

Sur ordre en provenance de l'armoire de commande et de contrôle, la pompe du réservoir du produit de lavage est alimentée, l'électrovanne est ouverte, la pompe refoule le produit dans le circuit de lavage.

Le produit traverse le filtre, il traverse ensuite l'électrovanne, le détendeur, et le clapet anti-retour. Le circuit de lavage du turbomoteur est ainsi alimenté.

A l'issue de la séquence de lavage, le moteur et l'électrovanne ne sont plus sous tension, le circuit se ferme et le clapet anti-retour empêche le refoulement dans le circuit de lavage de l'air soumis à la pression interne du turbomoteur.

## *2.8 - COMPRESSOR WASHING SYSTEM (Figure 13)*

*The compressor washing system cleans the gas turbine air path in order to maintain the performance of the compressors and of the gas turbine.*

*The washing operation is carried out by injecting a detergent product into the air intake casing upstream of the axial compressors and between the 2nd and 3rd stage axial compressors of the gas turbine, in order to remove any impurities that may have been deposited there. The use of a detergent product avoids the need to provide a water supply on the site.*

*The compressor washing system mainly consists of the following:*

- *a washing unit located on the outside of the package (one washing unit can be used by several gas turbines); this unit consists of a 200 litre translucent tank in which the detergent is stored, a pump supply pipe fitted with a 1/4-turn valve, and a centrifugal pump driven by a three-phased electric motor.*
- *a supply system located in the gas turbine compartment, which consists of a 10 micron filter, an open/closed solenoid valve, a pressure reducing valve which brings the pressure down to between 3.8 and 4 bars, a non-return valve and a drain located under the gas turbine.*

*Two complementary operations can be carried out with this system:*

### *2.8.1 - ON-LINE WASHING*

*"ON-LINE" washing is carried out without shutting down the power unit. The sequence is automatic, and its purpose is to avoid large scale fouling of the gas turbine.*

#### *Operation*

*On reception of an order from the control and indication panel, the pump of the cleaning product tank is energised, the solenoid valve is opened and the pump discharges the product into the washing system.*

*The product passes through the filter, and then through the solenoid valve, the pressure reducing valve and the non-return valve. This supplies the gas turbine washing system.*

*At the end of the washing sequence, the gas turbine and the solenoid valve are no longer energised; the system closes and the non-return valve prevents the compressed air from inside the gas turbine from blowing back into the cleaning system.*

## 2.8.2 - LE DECRASSAGE (CRANK WASH)

Le décrassage dit "CRANK WASH" s'effectue après l'arrêt du groupe et simplement sur action du démarreur. Il se fait moins fréquemment que le lavage "ON LINE" mais a une efficacité de nettoyage plus importante.

Le décrassage est commandé manuellement depuis l'armoire de commande, cependant le déroulement de la séquence reste automatique.

## *2.8.2 - CRANK WASH CLEANING*

*The cleaning operation known as a "CRANK WASH" is carried out after shutting down the power unit, and simply by operating the starter. It is carried out less often than "ON LINE" washing, but its cleaning efficiency is much higher.*

*The crank wash cleaning operation is controlled manually from the control panel, but the sequence itself is automatic.*

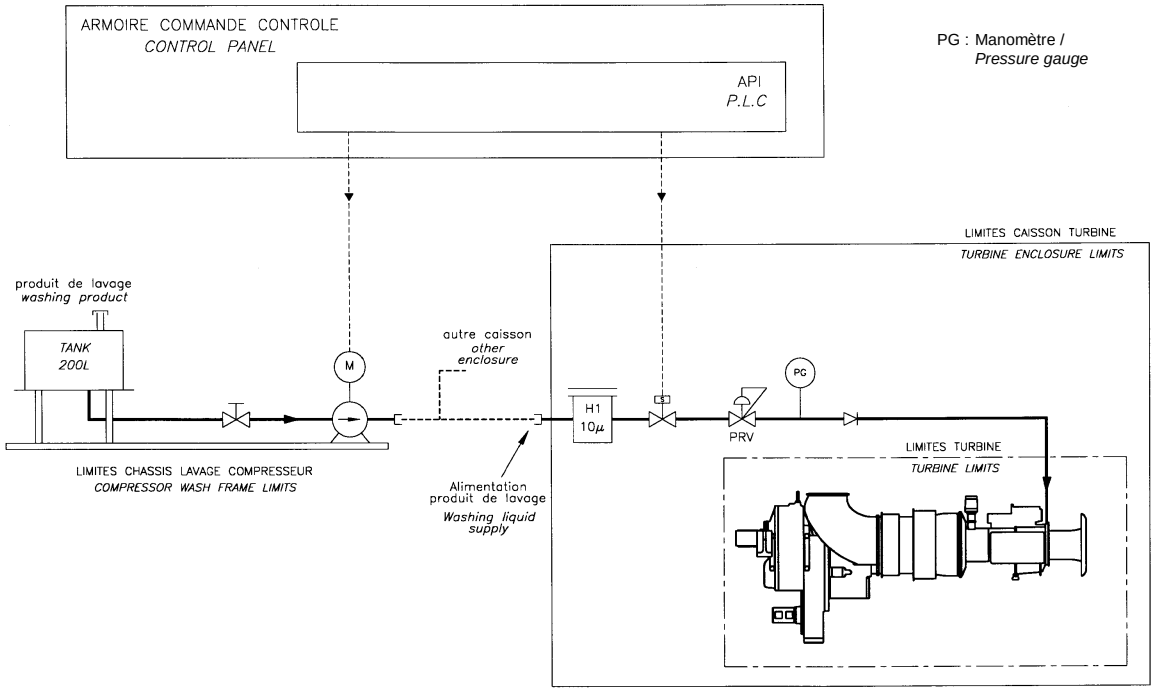



Figure 13 : Circuit lavage compresseur / *Compressor washing system*

### Principales caractéristiques

- Capacité du réservoir : 200 litres
- Caractéristiques du lavage (on line) :

- quantité injectée : 1,5 litres/lavage à 3,5 bar relatif,
- durée : 10 secondes,
- périodicité indicative : 1 fois par jour.

- Caractéristiques du décrassage :

- quantité injectée : 1,1 litres à 3,8 bar relatif,
- durée de l'injection : 8 secondes,
- durée totale par décrassage : 25 minutes.
- périodicité indicative : 1 fois par mois ou à l'occasion des arrêts de maintenance.

Note : La périodicité des lavages et des décrassages est définie en fonction des sites.

### *Main characteristics*

- *Tank capacity: 200 litres*
- *Washing characteristics (on line):*

- *quantity injected: 1.5 litres per wash at 3.5 bars gauge,*
- *duration: 10 seconds,*
- *approximate frequency: daily.*

- *Cleaning characteristics (crank wash):*

- *quantity injected: 1.1 litres at 3.8 bars gauge,*
- *duration of injection: 8 seconds,*
- *total time required for crank wash: 25 minutes.*
- *approximate frequency: monthly or whenever the power unit is shut down for maintenance.*

*Note: The periodicity of the washing and cleaning operations is defined according to the sites concerned.*

## 2.9 - CIRCUIT DE COMMANDE ET DE CONTRÔLE

L'armoire de commande et de contrôle est constituée de deux enveloppes métalliques juxtaposées et fixées entre elles, elle permet de :

- intégrer, protéger mécaniquement et électriquement, chauffer et ventiler les composants électriques. Une résistance électrique chauffante et deux ventilateurs permettent de maintenir la température intérieure de l'armoire à des valeurs compatibles avec le fonctionnement des appareils électroniques et évitent la formation de condensation. Ce système thermostaté est conçu pour fonctionner de manière optimale portes fermées.

  Les ouïes de ventilation sont équipées de filtres. Les ventilateurs mettent l'armoire en légère surpression afin d'éviter l'introduction de poussières ou de gouttelettes par les interstices.
- gérer le fonctionnement du groupe, les alarmes et les sécurités,
- réaliser l'alimentation et la distribution électrique, recevoir et distribuer à partir d'un chargeur et de batteries de servitudes le 24 VCC de l'armoire de commande et de contrôle,
- recevoir et envoyer des informations câblées ou numériques au client,
- assurer l'interface homme/machine,
- permettre à l'aide du réseau téléphonique, la télégestion du groupe à distance,
- recevoir les câbles venant de l'extérieur par le plancher.

### 2.9.1 - CONTRÔLE ET SURVEILLANCE DU GROUPE *(Figure 14)*

Le fonctionnement du groupe est contrôlé et surveillé par plusieurs modules électroniques :

- *l'automate programmable* qui est l'organe central du dispositif de commande et de contrôle du groupe. Il gère la séquence de fonctionnement des actionneurs, les consignes envoyées aux régulateurs (vitesse, charge...), les alarmes et les sécurités de l'ensemble du groupe, la sélection du 1er défaut apparu, les liaisons série de communication avec le pupitre opérateur, le modem de télégestion, le calculateur numérique de la turbine, l'indicateur de mesures électriques, l'affichage des paramètres, la liaison éventuelle de communication avec le client.
- *le Calculateur Numérique de Turbine (CNT)* qui contrôle, régule et transfère à l'automate tous les paramètres du turbomoteur. C'est l'interface exclusif du turbomoteur. Il est situé dans le compartiment électrique du caisson.
- *le pupitre opérateur* qui permet le dialogue homme-machine. Il utilise le réseau inter-automate pour

## *2.9 - CONTROL AND INDICATION SYSTEM*

*The control and indication panel consists of two metal cabinets located one on top of the other and secured together. It provides the following functions:*

- *Integration, mechanical and electrical protection, and heating and ventilation of the electronic components. An electric heater resistance and two fans enable the temperature inside the panel to be maintained at levels which are compatible with the operation of the electronic equipment, and which prevent condensation. This thermostatically controlled system is designed to operate under optimum conditions with the doors closed.*

  *The ventilation louvers are fitted with filters. The fans maintain the inside of the cabinet at a pressure slightly above ambient, in order to avoid the introduction of dust or droplets through the parting lines.*
- *Management of the operation of the power unit, the alarms and the safety functions.*
- *Power supply and electrical distribution, reception and distribution, from a charger and service batteries, the 24 V of the control and indication panel.*
- *Reception and output of wired or digital information to the customer.*
- *Man-machine interface.*
- *Teleprocessing of the power unit via the telephone network.*
- *Input of cables from the outside via the floor.*

### *2.9.1 - CONTROL AND MONITORING OF POWER UNIT (Figure 14)*

*The operation of the power unit is controlled and monitored by several electronic modules:*

- *the PLC, which is the central component of the power unit control and monitoring system. It manages the operating sequence of the actuators, the datum signals sent to the control units (speed, load, etc.), the alarms and safety functions of the power unit, the selection of the 1st fault that occurred, the serial communication links with the operator control panel, the teleprocessing modem, the turbine digital electronic control unit, the electrical measurements, the display of the parameters, and the communication link with the customer (where applicable).*
- *the Turbine Digital Electronic Control Unit (DECU) monitors and regulates the gas turbine and sends all parameters to the PLC. It is the exclusive interface with the gas turbine. It is located in the electrical compartment of the package.*
- *the operator control panel, which provides the man-machine dialogue. It uses the inter-PLC network to*

dialoguer avec l'automate programmable. Il réalise l'interface entre le groupe et l'opérateur visualisant des messages d'exploitation, permet la commande par l'intermédiaire des touches de fonction programmables et la saisie des consignes numériques.

- *le modem de télégestion* qui transmet les paramètres de fonctionnement du groupe à TURBOMECA. Un module de protection (parafoudre) est installé sur la ligne téléphonique afin d'écrêter les surtensions électriques transitoires. Le modem dialogue avec l'automate programmable. Les paramètres de fonctionnement du groupe sont associés à des ressources dans le modem. Ce dernier est capable, selon sa programmation, de :

- consigner les changements d'état des ressources sous forme d'événements horodatés dans un journal

- effectuer des relevés à intervalles réguliers de l'état d'une ressource (trace) et les restituer automatiquement périodiquement.

- appeler TURBOMECA lors d'un événement particulier, comme l'apparition d'un défaut, afin de transmettre le journal. TURBOMECA peut ainsi consulter en temps réel l'état des ressources.

- *le moniteur de vibrations* qui mesure, indique et surveille l'amplitude vibratoire du turbomoteur. La programmation des seuils d'alarme et de sécurité permet d'effectuer la surveillance vibratoire du turbomoteur.

  Un message d'alarme et un signal sonore se déclenchent lorsque le seuil d'alarme est atteint. Le groupe s'arrête lorsque le seuil de sécurité est atteint. Dans les deux cas un message apparaît à l'écran permettant d'identifier la voie, et par conséquent la plage de fréquence d'où provient l'alarme ou la sécurité.

- *les relais de protection électrique* de l'alternateur et du réseau de puissance :

- 1 relais à maximum et à minimum de tension alternateur,

- 1 relais à maximum d'intensité à 2 seuils :

  . 1 seuil temporisé,

  . 1 seuil instantané.

- 1 relais à retour de puissance,

- 1 relais de détection des défauts réseau.

  Les relais sont raccordés à des transformateurs de mesure de tension ou de courant situés soit dans la boîte à bornes de l'alternateur.

  L'installation doit être obligatoirement équipée d'un relais de défaut de terre qui n'est pas fourni en base et qui dépend du régime de neutre choisi sur l'installation.

*dialogue with the PLC. It provides the interface between the power unit and the operator by providing him with operating messages, it enables the system to be controlled by means of programmable function keys and enables digital messages to be entered.*

- *the teleprocessing modem, which transmits the operating parameters of the power unit to TURBOMECA. A protection module (lightning arrester) is installed on the telephone line in order to clip transient voltage surges. The modem dialogues with the PLC. The operating parameters of the power unit are associated with resources in the modem. Depending on its programming, the modem is capable of:*

- *recording the changes of state of the resources in the form of time-dated events in a log,*

- *taking readings, at regular intervals, of the state of a resource (trace) and restoring them automatically on a periodic basis,*

- *calling TURBOMECA when a particular event occurs, such as the occurrence of a fault, in order to transmit the log. In this way, TURBOMECA can refer to the state of the resources on a real-time basis.*

- *the vibration monitor, which measures, indicates and monitors the vibration amplitude of the gas turbine. The programming of the alarm and safety thresholds makes it possible carry out vibration monitoring of the gas turbine.*

  *An alarm message and an audible warning are triggered when the alarm threshold is reached. The power unit stops when the safety threshold is reached. In both cases a message appears on the screen identifying the channel and therefore the frequency range from which the alarm or safety function originates.*

- *the electrical protection relay of the generator and power network:*

- *1 generator maximum and minimum voltage relay,*

- *1 maximum current relay with 2 thresholds:*

  *. 1 time delayed threshold,*

  *. 1 instant threshold.*

- *1 power feedback relay,*

- *1 network fault detection relay.*

  *The relays are connected to voltage or current measurement transformers located in the motor connection box of the generator.*

  *The installation must mandatorily be equipped with an earth fault relay which is not supplied with the basic system, and depends on the type of neutral chosen for the installation.*

- *les* boîtiers *de synchronisation et de répartition de charge* qui gèrent la connexion de l'alternateur sur le réseau électrique. Le synchrocoupleur via le répartiteur de charge (ILS) réalise la synchronisation de l'alternateur sur un jeu de barres alimenté.

  Le synchrocoupleur (AS) compare la tension, la phase et la fréquence aux bornes du disjoncteur à fermer, modifie la consigne de vitesse du calculateur numérique de la turbine via l'ILS en mode de synchronisation automatique, envoie un ordre de couplage lorsque les conditions sont satisfaisantes (tension, phase et fréquence dans la plage de tolérance).

  Cet ordre ferme le disjoncteur groupe en mode automatique ou valide l'ordre d'enclenchement de l'opérateur en mode manuel. Le synchronoscope permet de visualiser l'écart de phase et la différence de fréquence existant entre les deux tensions.

- *l'indicateur digital de mesures électriques* qui effectue les mesures électriques de l'alternateur. Ces mesures sont affichées sur la face avant de l'appareil et sont transmises à l'automate programmable par une liaison série.

- le moniteur de détection gaz.

- le régulateur de l'alternateur qui contrôle la tension de l'alternateur ou son facteur de puissance (ceci concerne le fonctionnement couplé au réseau).

  La régulation de puissance permet d'éviter le retour de puissance en établissant un minimum, d'obtenir des puissances intermédiaires stables entre le minimum et le maximum, de monter ou descendre la puissance en évitant des changement brusques.

  La consigne de puissance qui servira à la régulation est élaborée par l'automate. Elle peut provenir soit du pupitre opérateur, soit de l'automate lui-même qui demande la puissance maximale.

  Quand l'automate connaît la consigne de puissance à appliquer au turbomoteur, il transmet cette information à l'ILS.

  Celui-ci calcule la puissance électrique de l'alternateur. L'ILS compare cette puissance avec la consigne envoyée par l'automate. Il élabore alors un signal transmis au calculateur numérique de turbine (CNT) afin que le turbomoteur atteigne la puissance demandée par l'automate.

- *the load synchronisation and distribution units, which manage the connection of the generator to the electrical network. The Alternator Synchroniser synchronises the generator, via the Load Distribution Unit (ILS), on an energised busbar.*

  *The Alternator Synchroniser (AS) compares the voltage, the phase and the frequency across the circuit breaker to be closed, adjusts the speed datum of the turbine digital electronic control unit via the ILS in automatic synchronisation mode, and outputs a coupling order when the required conditions are met (voltage, phase and frequency within the tolerance range).*

  *This order closes the power unit circuit breaker in automatic mode or validates the operator's connection order in manual mode. The synchronoscope provides a display of the phase shift and frequency difference between the two voltages.*

- *the digital electric measurement, which takes the electrical readings on the generator. These readings are displayed on the front panel of the equipment and are transmitted to the PLC via a serial link.*

- *the gas detection monitor.*

- *the generator regulator, which controls the voltage of the generator or its power factor (this is for operation when coupled to the network).*

  *Power regulation prevents power feedback by setting a minimum value, guarantees stable intermediate power values between the minimum and the maximum values, and enables the power to be increased or decreased without sharp variations.*

  *The power datum used to control the turbine is generated by the PLC. It can be set on the operator control panel or defined by the PLC itself, which calls for maximum power.*

  *When the PLC knows the power datum to be applied to the gas turbine, it sends this information to the ILS.*

  *The latter calculates the electrical power of the generator. The ILS compares this power to the datum sent by the PLC. It then generates a signal which is sent to the turbine digital electronic control unit (DECU) so that the gas turbine reaches the power rating set by the PLC.*

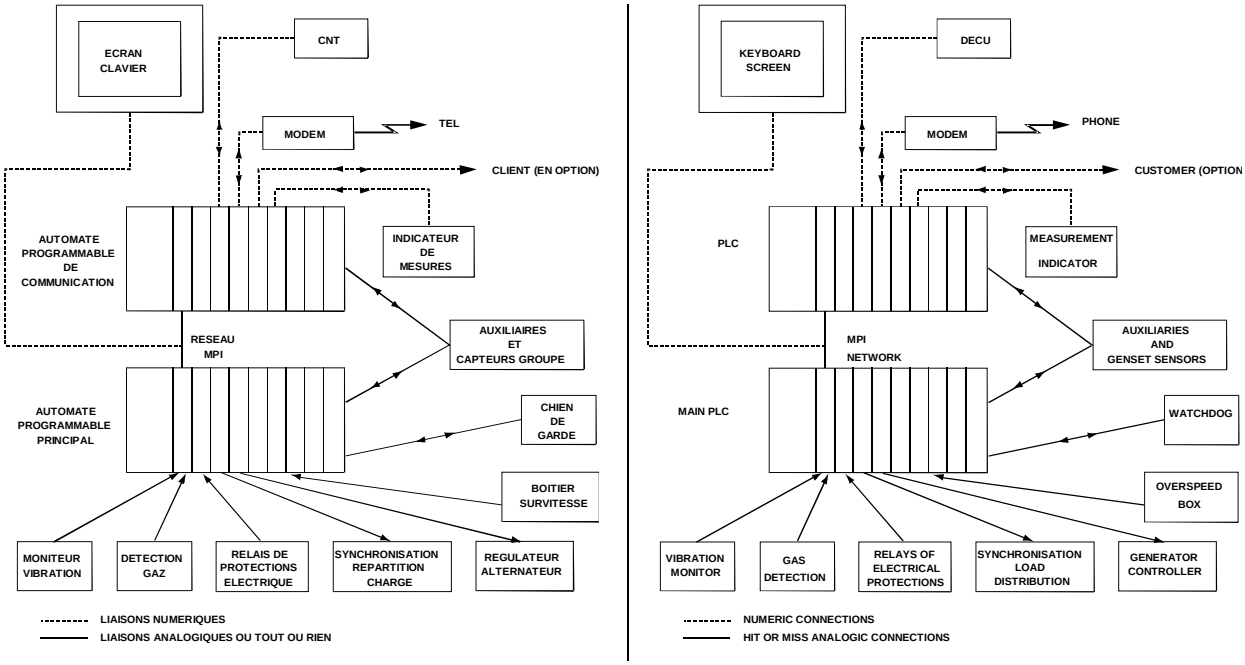



Figure 14 : Circuit de contrôle-surveillance / *Control and monitoring system*

## 2.9.2 - SÉCURITÉS

### La sécurité des personnes :

Les défauts pouvant entraîner un danger pour les personnes sont traités de manière spécifique. Pour cela, les sécurités gérées par l'électronique sont doublées (redondées) ou des technologies reconnues et agréées pour leur fiabilité sont utilisées.

- *le boîtier de sécurité survitesse* : La première détection d'une survitesse est réalisée par le calculateur (CNT). Une détection en redondance est réalisée par un boîtier de sécurité survitesse indépendant qui coupe les alimentations en cas de non détection par le CNT. Ce boîtier de sécurité survitesse est un appareil de mesure et de surveillance tachymétriques. Commandé par microprocesseur, il mesure la fréquence du signal de sortie du deuxième enroulement du capteur de vitesse de la turbine libre, situé sur le turbomoteur. La commutation des relais de sorties de l'appareil renseigne alors l'automate d'une détection de la survitesse de la turbine.

- *les détections Chien de Garde (Watchdog)* : une attention particulière est donnée à la surveillance du fonctionnement cyclique des appareils de commande numérique : calculateur (CNT) et automate.

Chacun possède une sortie commandée périodiquement. La surveillance de la commutation de ce signal est réalisée par :

- l'automate qui surveille le calculateur,
- un micro automate qui surveille l'automate principal (le micro automate est lui-même surveillé par l'automate principal). Un microprocesseur défaillant entraîne aussitôt la coupure des alimentations donc l'arrêt par sécurité du groupe.

- *les arrêts d'urgence* : 2 boutons "Coup de poing", l'un

## *2.9.2 - SAFETY FUNCTIONS*

### *Safety of personnel:*

*Faults which can be dangerous to personnel are dealt with in a specific manner. For this purpose, the safety functions managed by the electronic systems are either doubled-up (redundancy) or are based on technologies which are recognised and approved for their reliability.*

- *the overspeed safety unit: The first overspeed detection is carried out by the digital electronic control unit (DECU). A redundant detection is also implemented by an independent overspeed safety unit which cuts off the power supplies if the DECU fails to detect the fault. This overspeed safety unit is a tachometric measuring and monitoring device. It is controlled by a microprocessor and measures the frequency of the output signal from the second winding of the free turbine speed probe, located on the gas turbine. The switching of the output relays of the unit then informs the PLC that a turbine overspeed fault has been detected.*

- *the Watchdog detection devices: particular attention is given to the monitoring of the cyclic operation of the digital control units, i.e. the digital electronic control unit (DECU) and the PLC.*

*Each of these units has an output which is activated periodically. The switching of this signal is monitored by:*

- *the PLC, which monitors the DECU,*
- *a micro-PLC which monitors the main PLC (the micro-PLC is, in turn, monitored by the main PLC). A microprocessor failure causes immediate shut-down of the power supplies and thus a safety shut-down of the power unit.*

- *the emergency stop devices: 2 "mushroom" buttons,*

situé sur l'armoire de commande-contrôle, l'autre sur le groupe, assurent la fonction d'arrêt d'urgence. Celle-ci est conforme aux dernières normes et directives européennes relatives aux circuits de sécurité. Un relais spécifique répondant à ces exigences est installé dans l'armoire. L'arrêt d'ur-gence détecté, toutes les alimentations du groupe sont coupées et celui-ci s'arrête.

Si le site d'exploitation du groupe électrogène nécessité un arrêt de sécurité de type arrêt d'urgence, le raccordement d'un contact est prévu sur l'armoire, les alimentations du groupe sont alors coupées.

### Les sécurités du groupe :

Les défauts et anomalies de fonctionnement du groupe sont répartis en trois catégories selon les conséquences induites.

- Le groupe des alarmes : action visuelle et auditive.
- Le groupe des alarmes-déclenchement : idem alarmes + déclenchement du disjoncteur groupe.
- Le groupe des sécurités : idem alarmes-déclenchement + arrêt du groupe.

Tous ces défauts sont traités en sécurité positive, c'est à dire que l'ouverture ou la rupture de la ligne de détection provoque la sécurité. La liste des défauts est donnée au paragraphe 4.1.

### L'alimentation et la distribution électrique :

L'armoire de commande et de contrôle est alimentée par le réseau normal en 400 VCA/50 Hz triphasé avec neutre. Cette alimentation doit être protégée par un disjoncteur général, l'armoire intégrant un module anti-surtension.

- ***Distribution électrique***

La distribution électrique nécessaire au fonctionnement du groupe est répartie en plusieurs réseaux d'alimentation au départ de l'armoire :

- 400 VCA - 50 Hz triphasé pour l'alimentation des moteurs et biphasé pour l'alimentation des chargeurs de batterie,
- 230 VCA - 50 Hz monophasé pour l'alimentation des auxiliaires,
- 24 VCC "servitudes" pour l'alimentation des instruments 24 VCC,
- 24 VCC "démarrage" pour l'alimentation du démarreur du turbomoteur,
- 12 VCC "modem" pour l'alimentation du modem.

*one on the control and indication panel and the other on the power unit, provide the emergency stop function. This meets the latest European directives and standards concerning safety functions. A specific relay which meets these requirements is installed in the panel. When an emergency stop is detected, all power supplies to the power unit are cut off and the power unit shuts down.*

*If the power unit operating site requires an emergency stop type safety shut-down device, a connection for a contact is provided on the panel; this cuts off the power supplies to the power unit.*

### *Safety functions of the power unit:*

*Operating anomalies and faults in the power unit are divided into three categories, depending on the consequences they induce.*

- *The alarms group: visual and audible operation.*
- *The alarms/trip-out group: same as the alarms group + tripping of the power unit circuit breaker.*
- *The safety functions group: same as the alarms/trip-out group + shut-down of the power unit.*

*All these faults are processed on a positive safety basis, i.e. the opening or breakage of the line causes the safety function to operate. The list of faults is given in paragraph 4.1.*

### *Electrical power supply and distribution:*

*The control and indication panel is energised by the normal network at 400 V AC / 50 Hz, three-phased with neutral. This power supply must be protected by a general circuit breaker, but the panel comprises its own voltage surge protection module.*

- ***Electrical distribution system***

*The electrical distribution required for the power unit to operate is divided into several power supply networks which leave the cabinet:*

- *400 V AC - 50 Hz, three-phased to supply the gas turbines and two-phased to supply the battery chargers,*
- *230 V AC - 50 Hz single-phased to supply the auxiliary systems,*
- *24 V DC "ancillary" to supply the 24 V DC instruments,*
- *24 V DC "start" to supply the gas turbine starter,*
- *12 V DC "modem" to supply the modem.*

Le 24 VCC est lui-même séparé en trois :

- 24 VCC "CNT" dédié au calculateur numérique de la turbine,
- 24 VCC "secouru" alimente les organes de signalisation, de communication et d'instrumentation,
- 24 VCC "sécurité" alimente les actionneurs du processus. Il est coupé par la chaîne de sécurité, en cas de défaut important (chien de garde automate, arrêt d'urgence...), cette coupure agit en redondance de la coupure ordonnée par l'automate.

- ***Commande des auxiliaires***

Les auxiliaires qui nécessitent des mises sous ou hors tension séquentielles sont commandés par l'automate au moyen des contacteurs.

Les auxiliaires sous-tension en permanence sont protégés par des disjoncteurs miniatures à commande manuelle.

Les auxiliaires électriques du groupe sont principalement constitués par :

- le motoventilateur de circulation d'air du compartiment turbomoteur,
- la motopompe de refroidissement du circuit d'huile,
- la motopompe de lavage compresseur,
- le chargeur de batteries 24 VCC servitudes,
- le chargeur de batterie 24 VCC démarrage,
- la résistance de réchauffage anti-condensation,
- l'éclairage armoire et caisson,
- la ventilation, le réchauffage de l'armoire,
- les prises de courant.

**Chargeur et batteries de servitudes :**

Cet ensemble, situé à l'intérieur de l'armoire, assure l'alimentation en 24 VCC des principaux composants de l'armoire de commande et de contrôle.

Il permet, en cas de coupure secteur, de sauvegarder toutes les données afin d'arrêter le groupe dans les meilleures conditions, de conserver les informations nécessaires à la maintenance et de maintenir le groupe en fonctionnement si l'option "black start" est retenue.

Cet ensemble est principalement constitué par :

- un chargeur de batterie 400 VCA/24 VCC d'intensité 18 A,
- un jeu de batterie au plomb étanche sans entretien (tension 24 VCC, capacité 59 A/h) d'une autonomie moyenne sans charge de 10 h,
- un jeu de disjoncteurs de protection sur l'arrivée 400 VCA et les départs 24 VCC.

*The 24 V DC is itself divided into three entities:*

- *24 V DC "DECU" dedicated to the turbine digital electronic control unit,*
- *24 V DC "backed" supplying the indication and communication components and the instrumentation,*
- *24 V DC "safety" supplying the process actuators. This system is cut off by the safety function if a major fault occurs (PLC watchdog, emergency shut-down, etc.), and this cut-off is redundant with respect to the cut-off ordered by the PLC.*

- ***Control of auxiliary systems***

*Auxiliary systems which need to be sequentially energised or de-energised are controlled by the PLC by means of contactors.*

*Auxiliary systems which are permanently energised are protected by miniature manually-controlled circuit breakers.*

*The electrical auxiliary systems of the power unit consist mainly of the following:*

- *the gas turbine compartment air circulation motor-fan unit,*
- *the oil system cooling motor-pump unit,*
- *the compressor washing motor-pump unit,*
- *the 24 V DC "ancillary" battery charger,*
- *the 24 V DC "starter" battery charger,*
- *the anti-condensation heater resistance,*
- *the panel and package lighting,*
- *the panel ventilation and heating,*
- *the power sockets.*

***"Ancillary" battery charger:***

*This assembly, which is located inside the panel, provides the 24 V DC power supply to the main components of the control and indication panel.*

*In the case of a mains power failure, it enables all the data to be backed up in order to shut down the power unit under optimum conditions, retaining the information necessary for maintenance and maintaining the power unit in operation if the "black start" option is retained.*

*This assembly mainly consists of:*

- *a 400 V AC / 24 V DC battery charger with a current rating of 18 A,*
- *a set of sealed no-maintenance lead-acid batteries (voltage 24 V DC, capacity 59 A/h), with an average off-load autonomy of 10 h,*
- *a set of protection circuit breakers at the 400 V AC input and on the 24 V DC outputs.*

## 2.10 - LE CIRCUIT DE DEMARRAGE ELECTRIQUE

Il permet :

- de fournir l'énergie électrique nécessaire à l'alimentation du démarreur du turbomoteur, à partir de la batterie d'accumulateurs pour trois démarrages consécutifs au minimum,
- d'assurer automatiquement la charge de la batterie d'accumulateurs,
- de fournir les indications sur le courant de charge et sur la tension des batteries sur un afficheur.

### 2.10.1 - CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

- Dimensions 750 x 607 x 1600,
- Tension d'alimentation 400 VCA, 50 Hz,
- Tension d'alimentation démarreur : 24 VCC,
- Courant de sortie 25 A,
- Batteries : plomb étanche sans entretien.
- Capacité : 180 A/h

## *2.10 - THE ELECTRIC STARTING SYSTEM*

*This system has the following functions:*

- *it supplies the electric power necessary to energise the gas turbine starter, from the set of batteries, for at least three consecutive starts,*
- *it automatically charges the set of batteries,*
- *it provides information on the charging current and on the battery voltage by means of a display unit.*

### *2.10.1 - MAIN CHARACTERISTICS*

- *Dimensions 750 x 607 x 1600,*
- *Supply voltage 400 V AC, 50 Hz,*
- *Starter supply voltage: 24 V DC,*
- *Output current 25 A,*
- *Batteries: sealed no-maintenance lead-acid.*
- *Capacity: 180 A/h*

# 3 - INSTALLATION

Les données contenues dans ce chapitre sont à utiliser dans le cadre d'une estimation du coût d'installation.

## 3.1 - RECOMMANDATIONS D'IMPLANTATION DU GROUPE

### 3.1.1 - DOMAINE D'APPLICATION

Ces recommandations sont à prendre en compte pour l'étude de l'aménagement des locaux et pour la mise en place des interfaces nécessaires à l'implantation du groupe *(Figure 16)*.

Elles traitent des précautions minimales requises pour obtenir un bon fonctionnement du groupe. La liste des précautions n'est pas exhaustive, chaque projet devra faire l'objet d'une étude particulière au site récepteur.

Une étude préliminaire doit être conduite pour examiner la conformité du produit avec les obligations en vigueur sur le ou les sites de fonctionnement.

### 3.1.2 - ENVIRONNEMENT

Le groupe au standard industriel est conçu pour être utilisé en service continu dans un milieu qui répond aux critères suivants :

- **Air ambiant**

Température de fonctionnement : min 0 °C max +40 °C

Humidité relative maximum : 90 %

- **Air de combustion**

Température de l'air de combustion : min -20 °C,

max +40 °C

### 3.1.3 - GENIE CIVIL *(Figure 15)*

Le caisson et l'armoire de commande et de contrôle ainsi que les modules auxiliaires standards sont conçus pour fonctionner sous abri. Ils doivent donc être installés dans un bâtiment les protégeant des intempéries (pluie, neige, grêle...) ainsi que des températures sortant des limites de fonctionnement indiquées auparavant.

# *3 - INSTALLATION*

*The data in this chapter is to be used for estimating the cost of installation.*

## *3.1 - LAYOUT RECOMMENDATIONS FOR THE POWER UNIT*

### *3.1.1 - COVERAGE*

*These recommendations are to be taken into account for the design and fitting-out of the installation rooms, and for the implementation of the interfaces necessary for the installation of the power unit (Figure 16).*

*They concern the minimum precautions required in order to guarantee the correct operation of the power unit. The list of precautions is not exhaustive, and each project will require the design work to be specifically adapted to the site concerned.*

*A preliminary study must be carried out in order to check the compliance of the product with applicable requirements on the operating site(s).*

### *3.1.2 - ENVIRONMENT*

*The industrial standard power unit is designed for use in continuous service, in an environment which complies with the following criteria:*

- ***Ambient air***

*Operating temperature: min 0 °C max +40 °C*

*Maximum relative humidity: 90 %*

- ***Combustion air***

*Temperature of combustion air: min -20 °C,*

*max +40 °C*

### *3.1.3 - CIVIL ENGINEERING WORK (Figure 15)*

*The package and the control and indication panel, and also the standard auxiliary modules, are designed to operate in a sheltered location. They must therefore be installed in a building which protects them from the weather (rain, snow, hail, etc.) and from temperatures outside the operating limits defined above.*

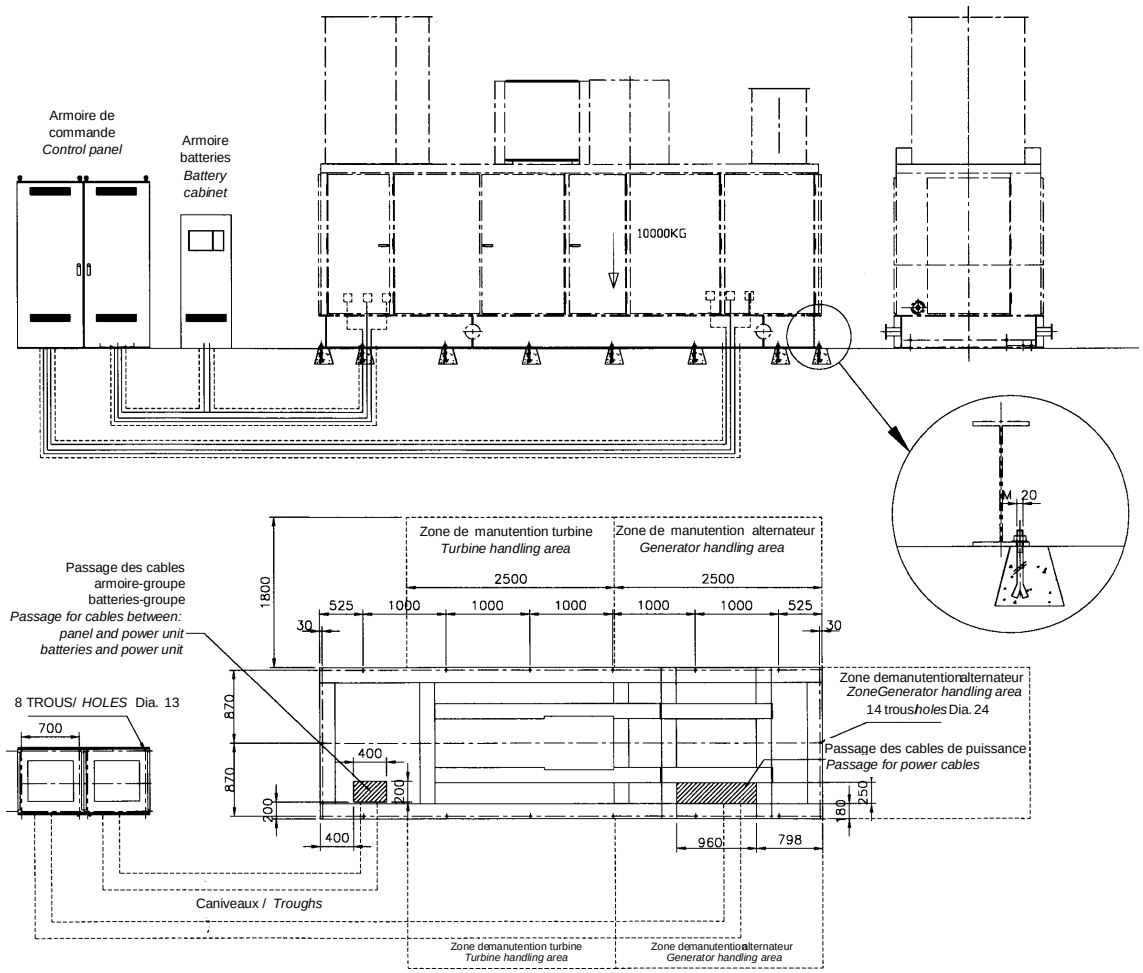



Figure 15 : Génie civil / *Civil engineering work*

• Dalle support du châssis

La dalle doit assurer une assise horizontale rigide et stable, pour le châssis du groupe et la ligne d'arbre. La planéité sur l'ensemble de la portée tous azimuts doit être de + ou - 2 mm.

• Dispositions pour la maintenance

Des zones libres sont à réserver autour du groupe pour l'exploitation et la maintenance.

Dans le local du groupe, il faut prévoir des portes donnant sur l'extérieur et dont les dimensions seront celles de la pièce démontable la plus encombrante (en général l'alternateur).

### 3.1.4 - INTÉGRATION DANS LE RÉSEAU ÉLECTRIQUE EXISTANT

Du fait que le groupe turbo-alternateur fonctionne connecté en parallèle sur le réseau public, l'installateur électrique doit prendre les précautions suivantes :

• Obtenir l'accord technique du distributeur d'énergie, notamment pour tout ce qui concerne les aspects de sécurité et de commande (dispositif de ré-enclenchement rapide, de comptage, filtrage...).

En cas de défaut du réseau, opter si possible, pour

• *Frame support floor*

*The floor shall provide a stable rigid horizontal seating for the frame of the power unit and shaft assembly. The flatness tolerance for the entire supporting surface shall be + or - 2 mm in all directions.*

• *Maintenance provisions*

*Open areas shall be kept clear around the power unit for operation and maintenance purposes.*

*In the room provided for the power unit, it is necessary to provide doors leading to the outside with dimensions that accommodate the largest removable part (usually the generator).*

### *3.1.4 - INTEGRATION INTO THE EXISTING ELECTRICAL SYSTEM*

*As the power unit is connected in parallel with the public mains network, the electrical installer shall take the following precautions:*

• *He shall obtain the technical approval of the energy distribution entity, particularly for the safety and control aspects (quick re-engagement device, meter, filtering, etc.).*

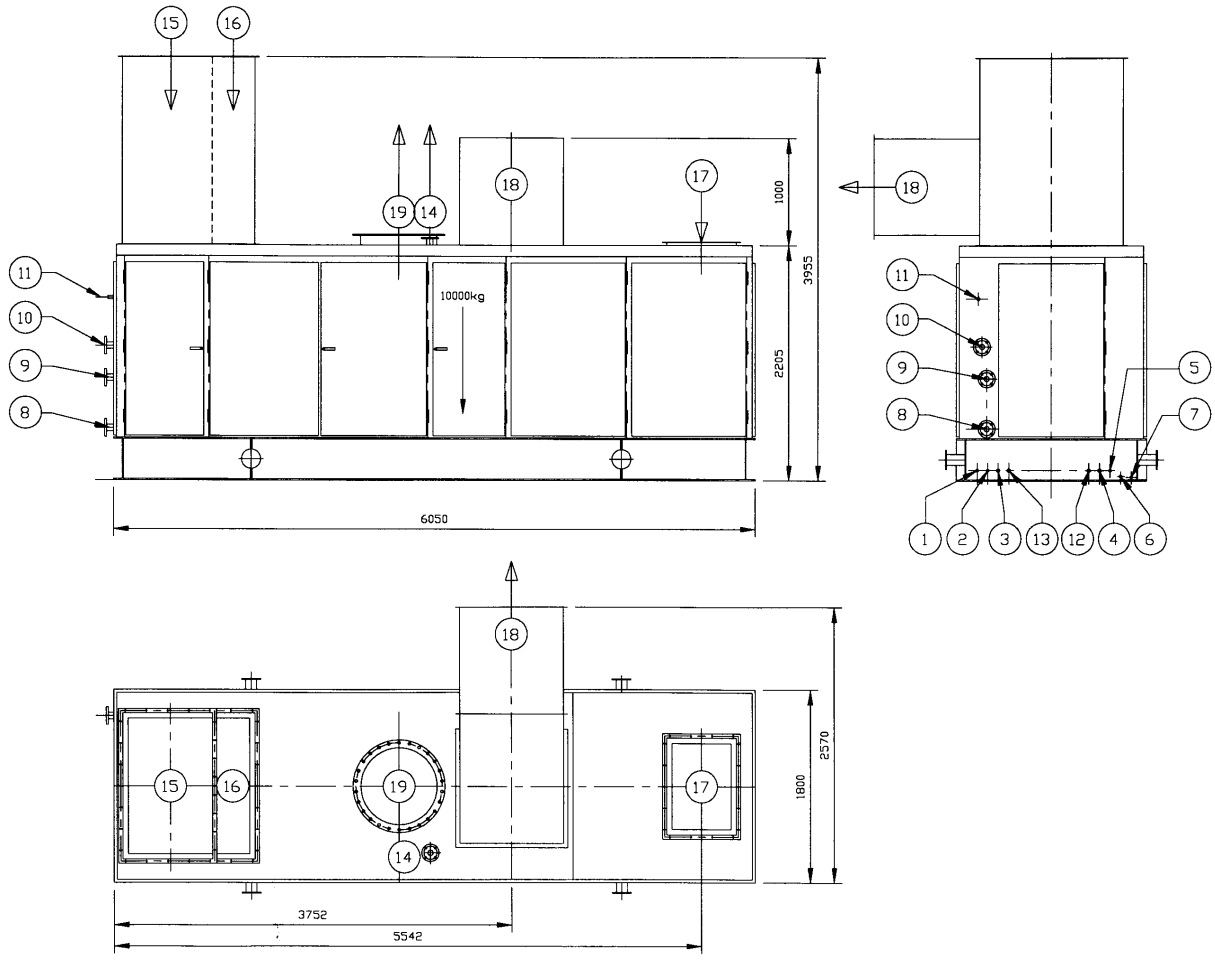
• *If a fault occurs on the network, the fastest and*

des raisons de rapidité de déconnexion, pour le découplage par le disjoncteur groupe plutôt que par un autre disjoncteur.

- Concevoir le système de déclenchement du disjoncteur de découplage pour qu'il agisse le plus rapidement possible (< 100 ms).
- Connaître au mieux les statistiques sur la nature, l'amplitude et la périodicité des défauts du secteur afin de régler au plus juste les seuils de détection des perturbations.
- S'assurer que le poste de livraison du réseau public est équipé des systèmes de découplage des groupes électrogènes conformément aux directives de la compagnie productrice d'énergie.
- Inhiber l'action de certains types de relais de détection de perturbation réseau au moment du couplage pour éviter les déclenchements intempestifs.

*preferred method of uncoupling the system is to use the circuit breaker of the power unit to uncouple the system rather than any other circuit breaker.*

- *Design the uncoupling circuit breaker tripping system so that it operates as quickly as possible (< 100 ms).*
- *Obtain as much knowledge as possible of the statistics on the type, amplitude and periodicity of mains faults, in order to adjust the disturbance detection thresholds as precisely as possible.*
- *Check that the public mains network supply transformer is equipped with generator unit uncoupling systems which comply with the directives of the power generation company.*
- *Inhibit the action on certain types of network disturbance detection relays during the coupling operation, in order to avoid spurious tripping.*




1. Purge filtres gaz / *Gas filter bleed*
2. Vidange fuel / *Fuel drain*
3. Retour réservoir fuel / *Fuel tank return*
4. Entrée eau lavage compresseur / *Compressor washing*
5. Air soufflage / *Blowing air*
6. Vidange réservoir huile / *Oil tank drain*
7. Egouttures / *Drip system*
8. Entrée gaz combustion / *Combustion gas inlet*
9. Entrée gaz démarreur / *Starter gas inlet*
10. Sortie gaz démarreur / *Starter gas outlet*
11. Entrée fuel / *Fuel inlet*
12. Entrée injection d'eau / *Water injection inlet*
13. Sortie injection d'eau / *Water injection outlet*
14. Event réservoir d'huile / *Oil tank vent*
15. Entrée d'air turbine / *Turbine air intake*
16. Entrée d'air ventilation caisson / *Package ventilation air*
17. Entrée d'air alternateur / *Generator air inlet*
18. Sortie air alternateur + ventilation caisson / *Gen. + package ventil.*
19. Echappement turbine / *Turbine exhaust*

Figure 16 : Interfaces caisson et dimensions / *Package interfaces and dimensions*

## 3.2 - INSTALLATION DU CIRCUIT D'ENTREE D'AIR DE COMBUSTION

Le circuit d'air de combustion est principalement constitué des éléments suivants :

- un filtre à air,
- un silencieux d'admission d'air.

Ce circuit doit être impérativement :

- exempt d'impureté ou de pièces susceptibles de se détacher,
- exempt de variation brutale de section susceptible de créer des turbulences, des pertes de charge ou la formation de glace,
- rigide pour ne pas retransmettre les bruits d'écoulement.

Le lieu de prélèvement d'air doit être soigneusement choisi. L'air destiné à la combustion doit être le plus pur possible et à la température la plus basse possible.

### 3.2.1 - CARACTÉRISTIQUES DE L'AIR DE COMBUSTION

## *3.2 - INSTALLATION OF THE COMBUSTION AIR INTAKE SYSTEM*

*The combustion air system consists mainly of the following components:*

- *an air filter,*
- *an air intake silencer.*

*This system shall mandatorily:*

- *be free from impurities or parts liable to come loose,*
- *comprise no sudden changes in cross-sectional area liable to generate turbulence, pressure losses or the formation of ice,*
- *be rigid in order to avoid relaying air flow noise.*

*The air inlet location shall be carefully selected. The air for combustion shall be as clean and as cold as possible.*

### *3.2.1 - CHARACTERISTICS OF THE COMBUSTION AIR*

| | |
|---|---|
| Débit massique nominal à 15 °C / *Nominal mass air flow at 15 °C* | 5,35 kg/s |
| Contraintes mécaniques sur la bride d'entrée d'air / *Mechanical stresses on air intake flange:*<br>- couple de flexion / *bending torque*<br>- charge dans les trois directions / *load in all three directions* | <br>100 mN<br>30 daN |
| Vitesse maximum de l'air dans les conduites en amont /<br>*Maximum air velocity in upstream ducts* | 10 m/s |
| Déviation maximum recommandée pour les gaines (convergent, divergent) / *Recommended maximum duct deviation (convergent, divergent)* | ± 10° |
| Perte de charge recommandée avec les filtres propres /<br>*Recommended pressure loss with clean filters* | 50 mmH2O |
| Perte de charge maximum / *Maximum pressure loss* | 100 mmH2O |
| Critères de filtration en service continu / *Filtering criteria in continuous duty*<br>- teneur en sel / *salt content*<br>- critère d'efficacité pour les particules solides selon SAE J 726 /<br>*efficiency criterion for solid particles according to SAE J 726* | <br>0,02 ppm<br>> 99,9 % ACF<br>Test de colmatage /<br>*Clogging test* |

Les entrées d'air doivent être orientées face aux vents dominants et hors de portée des courants d'air chaud ou pollués ; notamment ceux provoqués par :

- les conduits d'échappement ou d'air chaud,
- les évents d'huile,
- les pompes de carburant.

**IMPORTANT** : Toute présence dans l'air de combustion de trace de gaz, de liquides ou de solides à teneur en éléments inflammables, explosifs, corrosifs, abrasifs doit être évitée. Si le risque existe, une analyse préalable de l'air sera requise et l'utilisation dune filtration spécifique et d'une surveillance sera obligatoire.

Lorsque le turbomoteur est à l'arrêt, son entrée d'air ne doit pas être en dépression (aspiration parallèle d'une

*The air intakes shall be oriented towards the prevailing winds and shall be out of reach of any hot or polluted air streams, particularly those produced by:*

- *exhaust or hot air ducts,*
- *oil vents,*
- *fuel pumps.*

***IMPORTANT**: Any presence, in the combustion air, of gas, liquids or solids which are inflammable, explosive, corrosive or abrasive must be avoided. If such a risk does exist, a preliminary analysis of the air will be required and it will be mandatory to use a dedicated filtering and monitoring system.*

*When the gas turbine is not running, its air intake shall not be at a negative pressure (parallel suction of a*

deuxième machine par exemple) ou en surpression. Ceci provoquerait une rotation permanente sans lubrification. Il faut prévoir une arrivée d'air séparée pour chaque turbomoteur.

### 3.2.2 - FILTRE D'ENTRÉE D'AIR

- Longueur : 1450 mm
- Largeur : 1450 mm
- Débit : 270 $m^3$ d'air mini
- Perte de charge initiale : 20 mmH2O
- Masse : 150 kg

L'efficacité du filtre est un critère important pour la durée de vie et les performances du groupe turboalternateur. La référence des éléments filtrants ne doit pas être modifiée sans l'avis de TURBOMECA.

### 3.2.3 - SILENCIEUX D'ADMISSION D'AIR

- Longueur : 1440 mm
- Largeur : 1330 mm
- Hauteur : 1750 mm
- Masse : 640 kg

### 3.2.4 - PRÉCAUTIONS CONTRE LE RISQUE DE GIVRAGE

Du givre peut se déposer dans les éléments filtrants ou sur les conduits notamment si les conditions climatiques suivantes sont réunies :

- températures comprises entre -10 °C et +5 °C,
- humidité relative supérieure à 80 %.

Il existe généralement des risques de formation de givre aux endroits où la vitesse de l'air augmente : à la traversée des filtres, des grilles et aux changements brusques de sections de passage.

Il est recommandé dans ce cas de :

- prévoir un filtre à décolmatage automatique ou d'élever la température à +6 °C par préchauffage électrique, par prélèvement de fluides chauds ou de gaz d'échappement
- augmenter les sections utiles de passage de l'air,
- profiler les convergents, coudes et silencieux,
- surdimensionner les filtres.

*second machine, for example) or at a positive pressure. This would cause the turbine to rotate permanently without lubrication. A separate air intake shall be provided for each gas turbine.*

### *3.2.2 - AIR INTAKE FILTER*

- *Length: 1450 mm*
- *Width: 1450 mm*
- *Flow-rate: 270 $m^3$ of air minimum*
- *Initial pressure loss: 20 mm $H_2O$*
- *Weight: 150 kg*

*The efficiency of the filter is an important criterion for the service life and performance of the power unit. The part numbers of the filter elements used shall not be changed without TURBOMECA approval.*

### *3.2.3 - AIR INTAKE SILENCER*

- *Length: 1440 mm*
- *Width: 1330 mm*
- *Height: 1750 mm*
- *Weight: 640 kg*

### *3.2.4 - PRECAUTIONS TO BE TAKEN AGAINST THE RISK OF ICING*

*Ice can form in the filter elements or on the ducts, particularly if the following climatic conditions are present at the same time:*

- *temperatures between -10 °C and +5 °C,*
- *relative humidity greater than 80 %.*

*There is usually a risk of ice forming in areas where the velocity of the air flow increases: where the air passes through filters or grids, or through sudden changes in cross-sectional area of the ducting.*

*In this case it is recommended to:*

- *install an automatic unclogging filter or raise the temperature to +6 °C by means of an electric pre-heating system, or by tapping off hot fluids or exhaust gases,*
- *increase the useful cross-sectional area of the air passage,*
- *profile the converging sections, elbows and silencers,*
- *oversize the filters.*

### 3.2.5 - RÈGLES DE FABRICATION DE LA GAINE D'ADMISSION D'AIR

Le conduit d'air doit être fabriqué selon les directives suivantes :

- - matière : tôle en acier galvanisé ou inoxydable,
- - épaisseur : 2 mm minimum, (3 mm recommandés), pointe de diamant,
- - brides de raccordement : épaisseur 5 mm,
- - joint d'étanchéité : néoprène ou nitrile d'épaisseur de 5 mm.

Par construction, les gaines d'amenée d'air de combustion ne comporteront pas de pièces susceptibles de se détacher ou d'être avalées par la turbine (vis, écrou, rondelle, résidus de soudure...).

Au voisinage de l'entrée d'air du turbomoteur, la configuration des gaines d'entrée d'air doit assurer une répartition homogène des vitesses d'air.

La section de la gaine devra rester la plus constante possible et être calculée pour respecter les vitesses d'air prescrites.

### 3.3 - INSTALLATION DU CIRCUIT D'AIR DE VENTILATION

Les circuits d'air de ventilation sont répartis en deux circuits distincts :

- le circuit d'air de ventilation du compartiment du turbomoteur,
- le circuit d'air de ventilation du compartiment de l'alternateur.

Pour chaque circuit d'air, un filtre est prévu. Il doit être installé dans un endroit accessible pour la maintenance.

#### 3.3.1 - ENTREE D'AIR DE VENTILATION DU TURBOMOTEUR

### *3.2.5 - RULES FOR MANUFACTURING THE AIR INTAKE DUCT*

*The air intake duct shall be manufactured according to the following directives:*

- *material: galvanised steel or stainless steel plate,*
- *thickness: 2 mm minimum, (3 mm recommended), diamond point,*
- *connecting flanges: thickness 5 mm,*
- *seal: neoprene or nitrile, thickness 5 mm.*

*The construction of the combustion air intake ducts shall not comprise any parts liable to come loose or be sucked in by the turbine (screws, nuts, washers, welding residues, etc.).*

*In the region of the gas turbine air intake, the configuration of the air intake ducts shall guarantee a consistent distribution of air velocities.*

*The cross-sectional area of the duct shall remain as constant as possible and shall be calculated in order to comply with the specified air velocity values.*

### *3.3 - INSTALLATION OF THE VENTILATION AIR INTAKE SYSTEM*

*The ventilation air system is divided into two separate systems:*

- *the gas turbine compartment ventilation system,*
- *the generator compartment ventilation system.*

*A filter is provided for each air system. It shall be installed in a location which is accessible for maintenance purposes.*

#### *3.3.1 - GAS TURBINE VENTILATION AIR INTAKE*

| | |
|---|---|
| Débit d'air / *Air flow-rate* | *2 $m^3/s$* |
| Température maximum en entrée / *Maximum air temperature at intake* | *40 °C* |
| Vitesse maximum de l'air dans les conduits / *Maximum air velocity in ducts* | *10 m/s* |
| Efficacité de filtration / *Filtering efficiency* | *ASHRAE 77 %* |
| Perte de charge maximum / *Maximum pressure loss* | *10 mmH2O* |

#### 3.3.2 - ENTREE D'AIR DE VENTILATION DE L'ALTERNATEUR

#### *3.3.2 - GENERATOR VENTILATION AIR INTAKE*

| | |
|---|---|
| Débit d'air / *Air flow-rate* | 1,6 $m^3/s$ |
| Température maximum en entrée / *Maximum air temperature at intake* | 40 °C |
| Vitesse maximum de l'air dans les conduits / *Maximum air velocity in ducts* | 10 m/s |
| Efficacité de filtration / *Filtering efficiency* | (ASHRAE) 77 % |
| Perte de charge maximum / *Maximum pressure loss* | 10 mmH2O |

Ces circuits doivent être :

- exempts d'impureté,
- exempt de variation brutale de section susceptible de créer des turbulences ou des pertes de charge,
- rigides pour ne pas retransmettre des bruits d'écoulement.

Les entrées d'air doivent être orientées face aux vents dominants et hors de portée des courants d'air chaud ou pollués, notamment ceux provoqués par :

- les conduits d'échappement ou d'air chaud,
- les évents d'huile,
- les purges de carburant.

Du fait des dissipations thermiques, il est recommandé d'évacuer l'air chaud à l'extérieur des bâtiments.

### 3.3.3 - REGLES DE FABRICATION DES GAINES DE VENTILATION

- épaisseur des gaines : 1,5 mm minimum

A l'exclusion de cette caractéristique, la fabrication de ces éléments est identique au circuit d'air de combustion (voir paragraphe 3.2).

## 3.4 - INSTALLATION DU CIRCUIT D'ECHAPPEMENT

### 3.4.1 - CARACTÉRISTIQUES DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT ET DE LA SORTIE D'ÉCHAPPEMENT

*These systems shall be:*

- *free from impurities,*
- *free from sudden changes in cross-sectional area liable to create turbulence or pressure losses,*
- *rigid in order to avoid relaying air flow noise.*

*The air intakes shall be oriented towards the prevailing winds and shall be out of reach of any hot or polluted air streams, particularly those produced by:*

- *exhaust or hot air ducts,*
- *oil vents,*
- *fuel bleeds.*

*Due to thermal dissipation, it is recommended to evacuate all hot air outside the buildings.*

### *3.3.3 - RULES FOR MANUFACTURING THE VENTILATION DUCTS*

- *thickness of ducts: 1.5 mm minimum*

*Apart from the above characteristic, the manufacture of these components is identical to that of the combustion air system (refer to paragraph 3.2).*

## *3.4 - INSTALLATION OF THE EXHAUST SYSTEM*

### *3.4.1 - CHARACTERISTICS OF THE EXHAUST GASES AND OF THE EXHAUST OUTLET*

| | |
|---|---|
| Débit des gaz / *Gas flow-rate* | 5,45 kg/s |
| Température des gaz à puissance nominale / *Gas temperature at nominal power* | 525 °C |
| Contrainte mécanique sur chaque bride d'échappement / *Mechanical stress on each exhaust flange*<br>- Couple de flexion / *Bending torque*<br>- Charge dans les trois directions / *Load in all three directions* | <br>105 mN<br>100 daN |
| Perte de charge max. admissible / *Max. acceptable pressure loss* | 200 mmH2O |

### 3.4.2 - REGLES DE FABRICATION DE LA GAINE D'ÉCHAPPEMENT

La gaine de sortie des gaz d'échappement doit être fabriquée selon les directives suivantes :

- diamètre : 700 mm,
- épaisseur des tôles : 3 mm minimum,
- matière : acier CORTEN ou inoxydable 321,
- brides : NFJ 22-215 (amincies) ou 5 mm d'épaisseur,
- calorifugeage (si nécessaire) : laine de roche de densité : 140 kg/m$^3$ et d'épaisseur de 100 mm.

## 3.5 - RECOMMANDATIONS POUR LA LUTTE CONTRE LE BRUIT *(Figure 17)*

Le traitement acoustique du groupe turbo-alternateur, réalisé par TURBOMECA consiste à loger la turbine dans un capotage insonorisant et à insérer des pièges à sons dans les conduits d'air et d'échappement. Une fois installé, l'ensemble de la fourniture est étudié pour ne pas dépasser le niveau sonore maximal de 85 dbA à 1 mètre en champ libre.

*Niveau de bruit type :*

Points A, B, se reporter au spectre de bruit (tableaux pages suivantes).

Pour respecter ces niveaux, on veillera au moment de l'installation à appliquer les règles suivantes :

- Etanchéité du capotage avec ses interfaces :

- obturer les jeux entre sol et châssis une fois que celui-ci est fixé,
- obturer les caniveaux et trappes de passage des câbles et conduites au moyen de pâte silicone, de plâtre ou de mèche de laine de verre ou tout autre produit présentant des qualités d'absorption acoustique équivalentes,
- interposer des joints souples (NITRILE) sur les brides d'arrivée et de sortie d'air et des joints haute-température sur les brides d'échappement.

- Insonorisation des gaines :

Insonoriser toutes les portions de gaines entre le capotage et les pièges à son au moyen d'une ou plusieurs couches de laine de verre ou de roche :

- épaisseur totale : 100 mm
- densité : 75 kg/m$^3$

- Orientation des orifices entrées-sorties d'air :

Eviter d'orienter les orifices d'entrée d'air ou d'échappement vers des lieux habités, au besoin, prévoir des écrans ou chapeaux.

### *3.4.2 - RULES FOR MANUFACTURING THE EXHAUST DUCT*

*The exhaust gas outlet duct shall be manufactured according to the following directives:*

- *diameter: 700 mm,*
- *thickness of steel plate: 3 mm minimum,*
- *material: CORTEN steel or stainless steel 321,*
- *flanges: NFJ 22-215 (thinned) or 5 mm thick,*
- *thermal lagging (if necessary): rock-wool. Density: 140 kg/m$^3$; thickness: 100 mm.*

## *3.5 - NOISE ABATEMENT RECOMMENDATIONS (Figure 17)*

*The acoustic measures taken by TURBOMECA on the power unit consist in housing the turbine in a soundproof cowling and fitting noise traps in the air and exhaust ducts. Once installed, the complete system is designed in order not to exceed a maximum sound level of 85 dBA at a distance of 1 metre, in an open range.*

*Typical noise level:*

*Points A, B, refer to the noise spectrum (tables on following pages).*

*In order to comply with these levels, the following rules shall be followed at the time of installation:*

- *Sealing between the cowling and its interfaces:*

- *once the chassis has been secured to the ground, fill all gaps between the chassis and the floor,*
- *close off the cable troughs, cable passage covers and ducts with silicone compound, plaster or glass wool cord, or any other product with equivalent acoustic absorption properties,*
- *fit soft seals (NITRILE) to the air inlet and outlet flanges, and fit high-temperature seals to the exhaust flanges.*

- *Sound-proofing of the ducts:*

*Sound-proof all sections of ducting between the cowling and the noise traps with one or several layers of glass wool or rock-wool:*

- *total thickness: 100 mm*
- *density: 75 kg/m$^3$*

- *Orientation of air inlet and outlet orifices:*

*Avoid orienting the air inlet or exhaust orifices towards inhabited areas. If necessary, fit screens or deflector hats.*

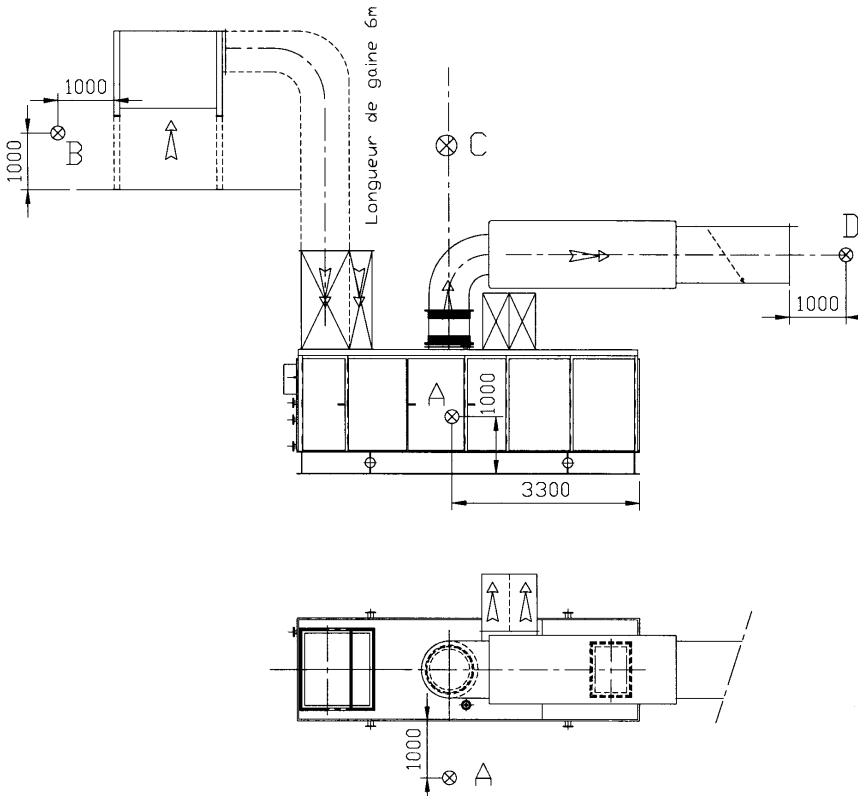
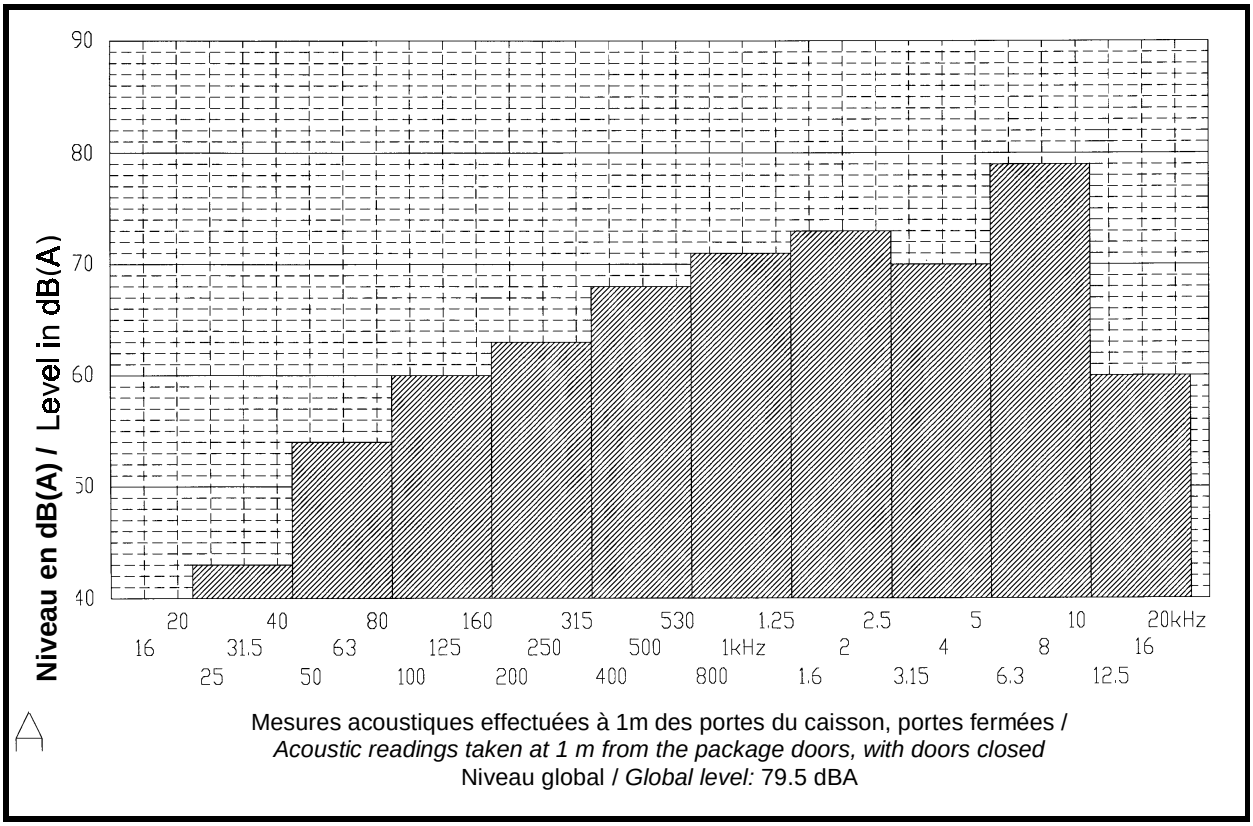
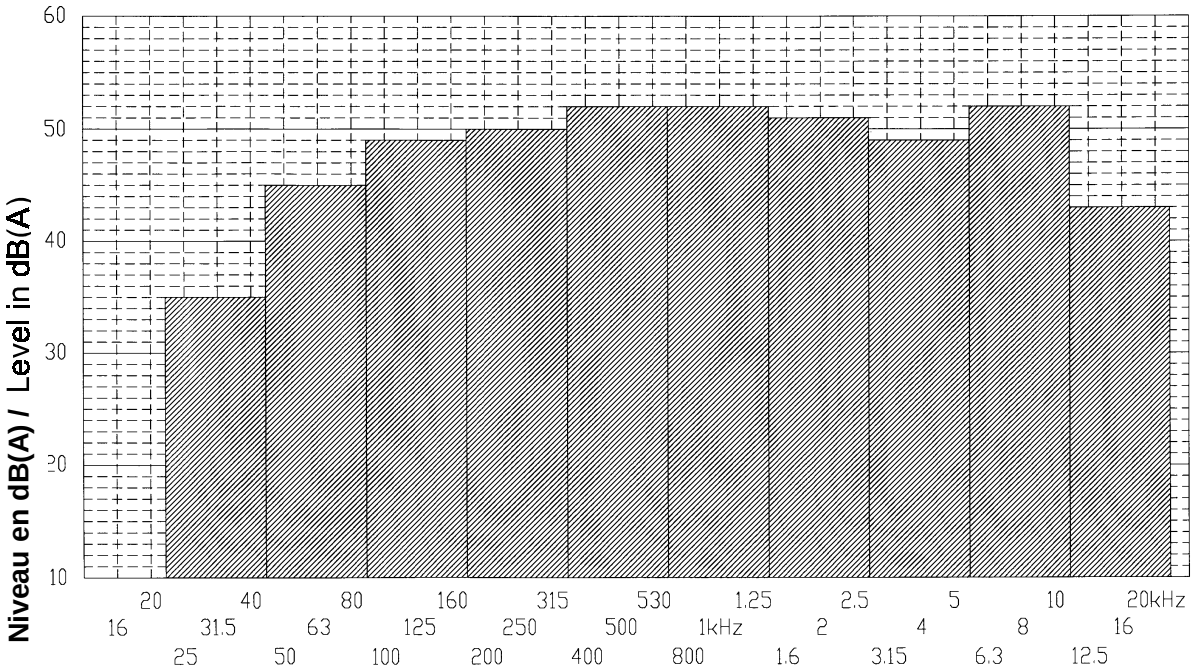



Figure 17 : Points de mesure des niveaux de bruit / *Noise level measurement points*




**Spectre de bruit au point A / *Noise spectrum at point A***




Mesures acoustiques effectuées à 1m du filtre à air / *Acoustic readings taken at 1 m from the air filter*
Niveau global 59.5 dBA avec 6 m de gaine / *Global level: 59.5 dBA with 6 mm of ducting*

**Spectre de bruit au point B / *Noise spectrum at point B***

## 3.6 - EVENT DU SYSTEME DE LUBRIFICATION

## *3.6 - LUBRICATION SYSTEM VENT*

| | |
|---|---|
| Débit / *Flow-rate* | 30 $Nm^3/h$ |
| Température / *Temperature* | 60 °C |
| Contenu en huile maximum / *Maximum oil content* | 450 $mg/m^3$ |
| Diamètre des gouttelettes / *Diameter of droplets* | 0,1 à 1 µm |
| Perte de charge maximum en aval / *Maximum downstream pressure loss* | 100 mmH2O |

La mise à l'air des circuits d'huile dégage de l'air chaud chargé en vapeur et gouttelettes d'huile (huile synthétique). Il est impératif d'évacuer les évents d'huile en hauteur vers une zone inhabitée et exempte de risque d'inflammation, de recyclage. L'extrémité du conduit d'évent d'huile doit être recourbée ou équipée d'une crépine de façon à éviter la pénétration d'eau ou de poussière.

*The venting of the oil systems releases hot air charged with vapour and oil droplets (synthetic oil). It is essential to have the openings of the oil vents high up and turned towards an uninhabited area where there is no risk of inflammation or recirculation. The end of the oil vent duct shall be curved or fitted with a strainer in order to prevent water or dust from entering the system.*

## 3.7 - ALIMENTATION ET PURGE DES GAZ DE COMBUSTION

Le gaz doit être livré à la bride de raccordement du circuit gaz du groupe dans les conditions suivantes :

## *3.7 - COMBUSTION GAS SUPPLY AND BLEED*

*The gas shall be supplied to the gas system connection flange of the power unit under the following conditions:*

| | |
|---|---|
| Raccordement / *Connection* | Bride DN 50 PN 16 |
| PCI mini / *Min LHV* | 7500 kcal/$Nm^3$ |
| Débit nominal / *Nominal flow-rate* | 15 Gj/h |
| Débit maximum / Maxi*mum flow-rate* | 18 Gj/h |
| Pression relative réseau / *Network relative pressure* | 14 ± 0,5 bar |
| Filtration / *Filtration* | 25 microns |
| Température maximum / *Maximum temperature* | + 55 °C |
| Température minimum / *Minimum temperature* | 15 °C au-dessus du point de rosée / *above dew point* |
| Présence de condensats liquides (huile, eau) / *Presence of liquid condensates (oil, water)* | 100 ppm max. |
| Présence de H2S / *Presence of $H_2S$* | 55 ppm max. |

**DRAIN / *DRAIN***

| | |
|---|---|
| Raccordement / *Connection* | 1/2" GAZ/*GAS* |
| Pression / *Pressure* | 14 ± 0,5 bar |
| Quantité / *Quantity* | 0,5 $Nm^3$ |

Dans le cas de présence de condensats dans le gaz (huile, eau...), il faut installer en amont du groupe un filtre à coalescence équipé d'un by-pass et d'une purge renvoyée en hauteur.

Le gaz doit pouvoir supporter une détente de l'ordre de 10 bar sans formation de condensat et rester en phase gazeuse au cours de cette détente (phase de démarrage).

Note : La non disponibilité du gaz naturel à la pression requise sur le site nécessitera l'utilisation d'un surpresseur entraîné par un moteur électrique (consulter TURBOMECA).

*If condensates are present in the gas (oil, water, etc.), it is necessary to install a coalescence filter upstream of the power unit, fitted with a by-pass and a bleed which issues at a high point.*

*The gas shall be capable of withstanding a pressure reduction of approximately 10 bars without forming a condensate, and shall remain in its gas phase during this pressure reduction (starting phase).*

*Note: If natural gas at the required pressure is not available on the site, it will be necessary to use a supercharger driven by an electric motor (consult TURBOMECA).*

## 3.8 - INSTALLATION DES ARMOIRES ELECTRIQUES

### 3.8.1 - L'ARMOIRE DE COMMANDE ET CONTRÔLE

#### Implantation

L'armoire de commande et de contrôle doit être installée dans un local abrité et sec.

Ce local doit être correctement ventilé, à l'abri des poussières, des ruissellements d'eau et conditionné de manière à ce que la température ambiante se situe entre +0 °C et +40 °C.

L'armoire est installée sur la dalle et est fixée au sol par des tire-fonds. Quatre tire-fonds sont prévus par baie. La dalle est aménagée de deux cheminements de câbles distincts (signaux forts - signaux faibles).

Note : *ne pas obstruer les ouïes d'entrées et sorties de ventilation des armoires*.

#### Dimensions et masse de l'armoire

- Longueur : 2000 mm
- Largeur : 1600 mm
- Profondeur : 800 mm
- Masse : 500 kg

### 3.8.2 - L'ARMOIRE DE DÉMARRAGE

Positionner l'armoire de démarrage à l'emplacement prévu. Poser les câbles de démarrage entre l'armoire et le caisson. La longueur des câbles a été prédéterminée par TURBOMECA (une modification de cette longueur peut endommager le démarreur, consulter TURBOMECA).

#### Caractéristiques principales

- Masse : 150 kg
- Dimensions (mm) 750 x 607 x 1600
- Tension d'alimentation 400 VCA(entre phases) 50 Hz
- Tension d'alimentation démarreur : 24 VCC

## *3.8 - INSTALLATION OF ELECTRICAL PANELS*

### *3.8.1 - THE CONTROL AND INDICATION PANEL*

#### *Location*

*The control and indication panel shall be installed in a dry, sheltered room.*

*This room shall be correctly ventilated, and protected from dust and trickling water, and shall be air conditioned so that the ambient temperature is between 0 °C and +40 °C.*

*The panel shall be located on the ground and anchored to the floor by means of anchor bolts. Four anchor bolts shall be provided per bay. The floor shall comprise two separate cable troughs (high power signals - low power signals.*

*Note: do not obstruct the ventilation inlet and outlet louvers of the panels.*

#### *Dimensions and weight of cabinet*

- *Length: 2000 mm*
- *Width: 1600 mm*
- *Depth: 800 mm*
- *Weight: 500 kg*

### *3.8.2 - STARTING PANEL*

*Install the starting panel at the specified location. Install the starting cables between the panel and the package. The length of the cables has been predetermined by TURBOMECA (any change to this length could damage the starter, refer to TURBOMECA).*

#### *Main characteristics*

- *Weight: 150 kg*
- *Dimensions (mm) 750 x 607 x 1600*
- *Supply voltage 400 V AC (between phases), 50 Hz*
- *Starter supply voltage: 24 V DC*

## 3.9 - BESOINS EXTERNES
*(à fournir par l'utilisateur)*

### 3.9.1 - ELECTRIQUES

- Alimentation électrique de l'armoire : 10 kW - 400 V - 50 Hz - triphasé avec neutre.
- Une protection de défaut de terre.
- Une ligne téléphonique automatique directe à l'armoire.
- Les câbles de puissance dimensionnés pour passer 1500 kVA.

### 3.9.2 - HYDRAULIQUES

- Raccordement de l'unité de lavage au groupe.
- Raccordement de la bouteille CO2 au caisson.
- Raccordement des purges et drains du caisson et d'une manière générale toutes les tuyauteries extérieures à notre fourniture.

### 3.9.3 - CONSOMMABLES (voir 4 - ANNEXES)

- Huile.
- Produit de lavage.
- Joints.
- Cartouches filtres à huile.
- Tube interrupteur SAFESET...

## *3.9 - EXTERNAL FACILITIES*
*(to be supplied by the user)*

### *3.9.1 - ELECTRICAL*

- *Panel electric power supply: 10 kW - 400 V - 50 Hz - three-phased with neutral.*
- *An earthing fault protection device.*
- *An automatic telephone line connected directly to the panel.*
- *Power cables: size calculated to withstand 1500 kVA.*

### *3.9.2 - HYDRAULIC*

- *Connection of the washing unit to the power unit.*
- *Connection of the $CO_2$ cylinder to the package.*
- *Connection of the package bleed and drain, and generally of all external pipes supplied by us.*

### *3.9.3 - CONSUMABLES (refer to 4 - APPENDICES*

- *Ooil.*
- *Washing product.*
- *Seals.*
- *Oil filter cartridges.*
- *SAFESET switch tube, etc.*

# 4 - ANNEXES

## 4.1 - TABLEAUX DES ALARMES ET SECURITES

### 4.1.1 - ALARMES

Si un défaut de fonctionnement déclenche une alarme un message sonore est émis, un message donne le défaut sur le pupitre opérateur, le turboalternateur continue à fonctionner.

Liste récapitulative des alarmes :

# *4 - APPENDICES*

## *4.1 - ALARM AND SAFETY FUNCTION PANELS*

### *4.1.1 - ALARMS*

*If an operational failure triggers an alarm, an audible message is generated, a message specifies the fault on the operator control panel, and the turbo-generator continues to run.*

*Summary of alarms:*

| MESSAGES | *MESSAGES* |
|---|---|
| Défaut moniteur de gaz | *Gas monitor fault* |
| Détection gaz 1er seuil | *Gas detection, 1st threshold* |
| Défaut moniteur de vibrations | *Vibration monitor fault* |
| Vibration turbine BF | *LF turbine vibration* |
| Vibration turbine HF | *HF turbine vibration* |
| Signaux analogiques 4-20mA | *4-20mA analog signals* |
| Basse pression huile turbine | *Low oil pressure in turbine* |
| Haute température caisson | *High temperature in package* |
| Communication calculateur | *PLC communication* |
| API chien de garde | *PLC Watchdog* |
| Défaut bloc d'énergie 24 V | *24 V power block fault* |
| Défaut chargeur démarrage | *Starter charger fault* |
| Ventilateur air caisson | *Package air fan* |
| Défaut pompe à huile | *Oil pump fault* |
| Pompe de lavage compresseur | *Compressor washing pump* |
| Décrassage compresseur nécessaire | *Compressor cleaning required* |
| Défaut liaison API-centrale de mesure alternateur | *Fault in "PLC / generator measurement unit" link* |
| Réseau communication MPI | *MPI communication network* |
| Ventilation turbine obligatoire | *Mandatory turbine ventilation* |
| Haute température d'huile | *High oil temperature* |
| Basse pression gaz | *Low gas pressure* |
| Colmatage filtre à air | *Air filter clogged* |
| Colmatages filtre à huile turbine et réducteur | *Turbine and reduction gear oil filters clogged* |
| Bas niveau d'huile | *Low oil level* |
| Colmatage bouchons magnétiques | *Magnetic plugs clogged* |
| Discordance disjoncteur groupe* | *Power unit circuit breaker discrepancy** |
| Fusion fusibles synchrocouplage* | *Alternator synchroniser fuses blown** |
| Sécurité chaudière* | *Boiler safety function** |
| Temps synchronisation réseau excessif | *Network synchronisation time too long* |
| Défaut centrale incendie | *Fire system failure* |
| Ilotage et mode manuel | *Manual mode cell isolation* |

| MESSAGES | *MESSAGES* |
|---|---|
| Discordance vanne coupe-feu* | *Fuel shut-off valve discrepancy** |
| Vanne de décharge | *Bleed valve* |
| Manomètre basse pression air | *Low air pressure gauge* |
| NG > 2% | *NG > 2 %* |
| Prêt à démarrer | *Ready to start* |
| Choix carburant | *Select fuel* |
| Manomètre basse pression gaz | *Low gas pressure gauge* |
| Manomètre base pression huile turbine | *Low oil pressure gauge* |
| Manque tension réseau* | *No network voltage** |
| Défaut isolant basse tension | *Low voltage isolation fault* |
| Haute température transformateur* | *Transformer high temperature** |
| Haute température palier avant alternateur | *Generator front bearing high temperature* |
| Haute température palier arrière alternateur | *Generator rear bearing high temperature* |
| Haute température phases U, V, W alternateur | *High temperature at phases U, V, W of generator* |
| Défaut position volet | *Louver position fault* |
| Défaut automate | *PLC fault* |
| Défaut tension réseau* | *Network voltage fault** |
| Manque tension réseau* | *No network voltage** |

### 4.1.2 - ALARMES A DECLENCHEMENT

Si un défaut de fonctionnement déclenche une alarme à déclenchement alors :

- un signal sonore est émis,
- un message donne le défaut sur le pupitre opérateur,
- le turboalternateur continue à fonctionner, le disjoncteur groupe est ouvert.

Liste récapitulative des alarmes à déclenchement :

### *4.1.2 - ALARMS WITH TRIP-OUT*

*If an operational fault triggers an alarm with trip-out, then:*

- *an audible warning is activated,*
- *a message describes the fault on the operator control panel,*
- *the turbo-generator continues to run, the power unit circuit breaker is open.*

*Summary of alarms with trip-out:*

| MESSAGES | *MESSAGES* |
|---|---|
| Défaut réseau haute tension* | *High voltage network fault** |
| Manque excitation | *No excitation* |
| Sous tension alternateur | *Generator under-voltage* |
| Maxi de tension alternateur | *Generator max. voltage* |
| Maxi de courant instantané alternateur | *Generator max. instant current* |
| Haute température alternateur | *Generator high temperature* |
| Retour de puissance | *Power feed-back* |
| Temps synchro groupe excessif | *Excessive power unit synchronisation time* |
| Défaut tension réseau* | *Network voltage fault** |
| Ouverture disjoncteur réseau* | *Network circuit breaker open** |
| Déclenchement extérieur du disjoncteur groupe* | *External tripping of power unit circuit breaker** |
| Perturbation réseau | *Network disturbance* |
| Haute température phases U, V, W alternateur | *High temperature at phases U, V, W of generator* |

### 4.1.3 - SECURITES

Si un défaut de fonctionnement déclenche une sécurité, un message sonore est émis, un message donne le défaut sur le pupitre opérateur, le turboalternateur s'arrête.

L'utilisateur devra après consultation de l'écran se reporter à la fiche d'analyse concernant le défaut. Certains messages sont transmis à TURBOMECA via le modem. Suivant l'importance du défaut, TURBOMECA donnera les conseils appropriés ou dépêchera les spécialistes pour y remédier.

Liste récapitulative des sécurités :

### *4.1.3 - SAFETY FUNCTIONS*

*If an operational fault triggers a safety function, an audible message is generated, a message specifies the fault on the operator control panel and the turbo-generator stops.*

*The operator must read the information on the screen and refer to the analysis concerning the fault. Certain messages are sent to TURBOMECA via the modem. Depending on the importance of the fault, TURBOMECA will provide appropriate advice or will send out specialists to correct the problem.*

*Summary of safety functions:*

| MESSAGES | *MESSAGES* |
|---|---|
| Survitesse | *Overspeed* |
| Arrêt turbine par CNT | *Turbine shut-down by DECU* |
| Détection gaz | *Gas detection* |
| Détection incendie | *Fire detection* |
| Temps de mise en oeuvre | *Implementation time* |
| Haute pression gaz | *High gas pressure* |
| Arrêt d'urgence | *Emergency stop* |
| Chaîne de sécurité externe* | *External safety system** |
| Défaut chaîne de sécurité | *Safety system fault* |
| Porte de caisson ouvertes | *Package doors open* |
| Chien de garde CNT | *DECU watchdog* |
| Défaut calculateur CNT | *DECU fault* |
| Survitesse CNT | *DECU overspeed* |
| Max courant alternateur (temporisé) | *Max. generator current (time delayed)* |
| Disjoncteur groupe fermé* | *Power unit circuit breaker closed** |
| Mauvais délestage | *Incorrect load shedding* |
| Absence tension rémanente | *No remanent voltage* |
| Haute température caisson | *High temperature in package* |
| Haute température d'huile | *High oil temperature* |
| Volets air caisson fermés | *Package air louvers closed* |
| Colmatage filtre à air | *Air filter clogged* |
| Vibration turbine BF | *LF turbine vibration* |
| Vibration turbine HF | *HF turbine vibration* |
| Position volet registre | *Register louver position* |
| Volet registre/cogen. au démarrage* | *Register/cogen. louver during start-up** |
| Survitesse détectée par boîtier extérieur | *Overspeed detected by external unit* |
| Basse pression gaz | *Low gas pressure* |
| Haute pression gaz | *High gas pressure* |
| Basse pression huile réducteur | *Low oil pressure in reduction gear unit* |
| Basse pression huile turbine | *Low oil pressure in turbine* |
| T4 mini de fonctionnement | *Min. T4 operating temperature* |
| Vanne de décharge | *Bleed valve* |

| MESSAGES | *MESSAGES* |
|---|---|
| Temps maxi fonctionnement démarreur | *Starter max. operating time* |
| T4 maxi en fonctionnement | *Max. T4 during operation* |
| T4 maxi au démarrage | *Max. T4 during starting* |
| Manque T4 au démarrage | *No T4 during starting* |
| Défaut allumage | *Ignition fault* |
| Pas de vitesse NG | *No NG rating* |
| Sous vitesse turbine libre | *Free turbine underspeed* |
| Blocage TL | *FT seizure* |
| Sous vitesse NG | *NG underspeed* |
| Discordance ordre marche /arrêt | *Start/stop order disparity* |
| Fusion fusible de puissance* | *Power fuse blown** |
| Haute température palier avant alternateur | *High temperature in generator front bearing* |
| Haute température palier arrière alternateur | *High temperature in generator rear bearing* |
| Haute température transformateur* | *High temperature in transformer** |
| Max de courant poste HT* | *Max. current in HV transformer** |
| Chaudière +basse pression air registre* | *Boiler + register low air pressure** |
| Surpression interne transformateur* | *Transformer internal over-pressure** |
| Dégagement gazeux transformateur* | *Transformer gas emanation** |
| Mano basse pression gaz | *Low gas pressure switch* |

### 4.1.4 - MESSAGE D'ALARMES ET DE SECURITES

Les messages d'alarmes et de sécurités comprennent : le numéro du message, le message de l'écran vidéo, le ou les folios concernés dans le schéma de boucles et les causes du défaut ainsi que les actions à entreprendre pour y remédier.

### *4.1.4 - ALARM AND SAFETY FUNCTION MESSAGES*

Alarm and safety function messages include: the message number, the video screen message, the sheet(s) concerned in the loop diagram, plus the causes of the fault and the corrective actions to be taken.

* TURBOMECA se charge du traitement de l'alarme ou de la sécurité mais ne fournit pas les capteurs.

** TURBOMECA deals with the processing of these alarms or safety functions, but does not supply the sensors.*

## 4.2 - TABLEAUX DES LUBRIFIANTS

## *4.2 - TABLES OF LUBRICANTS*

### 4.2.1 - LES HUILES

L'huile prescrite pour l'utilisation normale est la synthétique moyenne 5 cSt.

### *4.2.1 - OILS*

*The oil specified for normal use is synthetic medium 5 cSt.*

| Température mini. (°C)<br>*Min. temperature (°C)* | Type d'huile<br>*Oil type* | Symbole OTAN<br>*NATO code* | Spécifications<br>*Specifications* | | | Marques approuvées<br>*Approved brands* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | France | U.S.A. | U.K. | |
| -40 °C | Synthétique moyenne 5 cSt à 98,9 °C<br>*Synthetic medium 5 cSt at 98.9 °C* | 0,16 | - | - | DERD 2497 | AEROSHELL 560 |
| | | 0,156 | - | MIL - L 23699 | - | CASTROL 5000<br>ELF TURBOJET II<br>ESSO TURBO OIL 2380<br>MOBIL JET OIL II<br>MOBIL JET OIL 254<br>TURBONYCOIL 600 |

**Autres huiles (voir note)** | ***Other oils (refer to note)***

| Température mini. (°C)<br>*Min. temperature (°C)* | Type d'huile<br>*Oil type* | Symbole OTAN<br>*NATO code* | Spécifications<br>*Specifications* | | | Marques approuvées<br>*Approved brands* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | France | U.S.A. | U.K. | |
| -55 °C | Synthétique fluide 3,9 cSt à 98,9 C<br>*Synthetic fluid 3.9 cSt at 98.9 °C* | 0,148 | - | MIL-L 7808 | - | CASTROL 325<br>CASTROL 3C<br>ESSO TURBO OIL 2389<br>MOBIL OIL AVREX 256<br>TURBONYCOIL 160 |
| | | 0,150 | AIR 3514 | - | - | ELF JET SYNTHETIC OIL 15<br>TURBONYCOIL 13B<br>(TOTAL AEROTURBINE 312) |
| -55 °C | Synthétique fluide 3,9 cSt à 98,9 °C<br>*Synthetic fluid 3.9 cSt à 98.9 °C* | - | - | - | DERD 2968 | AEROSHELL TURBINE OIL 390 |
| -10 °C | Synthétique épaisse 7,5 cSt à 98,9 °C<br>*Synthetic thick 7.5 cSt at 98.9 °C* | 0,149 | - | - | DERD 2487 | AEROSHELL 750<br>CASTROL 98<br>ESSO EXTRA TURBO OIL 274<br>TURBONYCOIL 35M |
| | | 0,159 | AIR 3517 | - | - | TURBONYCOIL 35A |

Note :

- Les spécifications s'entendent au dernier indice, dernier amendement en vigueur,
- Le mélange des huiles n'est pas recommandé. Le circuit d'huile complet doit donc être rincé complètement lors du changement d'huile,

Note:

- *All specifications are deemed to be to the latest issue and amendment.*
- *It is recommended not to mix oils. The complete oil system shall therefore be entirely rinsed during the oil change.*

- Les marques d'huiles sont énumérées dans l'ordre alphabétique,
- L'utilisation d'huiles de spécification et de marque différentes de celles indiquées doit être soumise à l'accord de TURBOMECA.

- *Oil brands are listed in alphabetical order.*
- *The use of oils of brands or specifications other than those specified requires TURBOMECA approval.*

### 4.2.2 - LES GRAISSES

### *4.2.2 - GREASES*

| DESIGNATION<br>*DESIGNATION* | SPECIFICATIONS<br>*SPECIFICATIONS* | | | | OBSERVATIONS<br>*REMARKS* |
|---|---|---|---|---|---|
| | Française<br>*France* | OTAN<br>*NATO* | Américaine<br>*U.S.A.* | Anglaise<br>*U.K.* | |
| Vaseline graphitée<br>*Graphite Vaseline* | AIR 4247 | S 720 | MIL.T.5544 | DTD 392 | pour visserie chaude (hors circuit huile) /<br>*for hot hardware (except oil system)*<br>T < 500 °C |
| Graisse au bisulfure de molybdène<br>*Molybdenum disulphide grease* | AIR 4217 | G 353 | MIL.G.21164 | DEF STAN 91 - 57 | pour visserie à température normale (hors circuit huile) /<br>*for normal temperature hardware (except oil system)*<br>T < 100 °C |
| Vaseline<br>*Vaseline* | AIR 3565 | S 743 | VVP 236 | DEF STAN 91 - 38 | pour : emmanchement roulements et sealols /<br>*for: fitting bearings and Sealol seals* |
| Lanoline<br>*Lanolin* | | | | | idem mais emploi seulement toléré /<br>*ditto: but use is simply tolerated* |

## 4.3 - LISTE DES AUXILIAIRES ELECTRIQUES

## *4.3 - LIST OF ELECTRICAL AUXILIARIES*

| Liste des auxiliaires électriques<br>*List of electrical auxiliaries* | Alimentation<br>*Power supply* | Puissance<br>*Power* | Fonctionnement<br>*Operation* |
|---|---|---|---|
| pompe de circulation d'huile /<br>oil circulation pump | 3X400 VCA | 2,6 kW | continu / *continuous* |
| ventilateur caisson / *package ventilation fan* | 3X400 VCA | 2,6 kW | continu / *continuous* |
| résistance réchauffage alternateur /<br>*generator heater resistance* | 230 VCA | 500 W | groupe à l'arrêt /<br>*power unit stopped* |
| éclairage / *lighting* | 230 VCA | 400 W | ponctuel / *as required* |
| chargeur de batterie 24 VCC servitude /<br>*24 V DC "ancillary" battery charger* | 2X400 VCA | 400 W | continu / *continuous* |
| chargeur de batterie 24 VCC démarrage /<br>*24 V DC "starter" battery charger* | 2X400 VCA | 750 W | 30 minutes après chaque démarrage /<br>*30 minutes after each start-up* |
| pompe lavage compresseur /<br>*compressor washing pump* | 3X400 VCA | 1 kW | 10 minutes / lavage /<br>*10 minutes per wash* |
| divers (ventilateur, réchauffage armoire...) /<br>*miscellaneous (fan, panel heating, etc.)* | - | 500 W | - |
| alimentation générale à prévoir /<br>*general power supply to be provided* | 3X400 VCA | 10 kW | - |

## 4.4 - PRODUITS DE LAVAGE COMPRESSEUR

### 4.4.1 - EAU

La plupart des produits décrits ci-après sont utilisés avec de l'eau qui doit être pure. Utiliser de l'eau déminéralisée ou de l'eau potable.

## *4.4 - COMPRESSOR WASHING PRODUCTS*

### *4.4.1 - WATER*

*Most of the products described below are used with water, which must be pure. Use demineralised water or drinking water.*

| **Eau / *Water*** | **Eau déminéralisée / *Demineralised water*** | **Eau potable / *Drinking water*** |
|---|---|---|
| Aspect / *Appearance* | - Liquide clair, transparent, incolore /<br>*Clear, colourless, transparent liquid*<br>- Exempt de dépôts ou de matières en suspension /<br>*Free from deposits or matter in suspension* | - Liquide transparent incolore /<br>*Clear, colourless, transparent liquid*<br>- Exempt de dépôts ou de matières en suspension /<br>*Free from deposits or matter in suspension* |
| Résidu d'évaporation à 103 °C /<br>*Evaporation residue at 103 °C* | 100 ppm maximum<br>(partie par millions) /<br>*100 ppm maximum*<br>*(parts per million)* | 175 ppm maximum /<br>*175 ppm maximum* |
| Résistivité (ohms.m) /<br>*Resistivity (ohms.m)* | 1000 minimum /<br>*1000 minimum* | - |
| Conductivité (µs x m) /<br>*Conductivity (µs x m)* | 1 maximum /<br>*1 maximum* | - |
| Ph / *pH* | 5,0 à 7,5 / *5.0 to 7.5* | 6,0 à 8,0 / *6.0 to 8.0* |
| Teneur en chlorures /<br>*Chlorides content* | - | 15 ppm maximum /<br>*15 ppm maximum* |
| Teneur en sulfates /<br>*Sulphates content* | - | 10 ppm maximum /<br>*10 ppm maximum* |

### 4.4.2 - PRODUITS DE DECRASSAGE

### *4.4.2 - CLEANING PRODUCTS*

**Produits recommandés**

***Recommended products***

| Produits / *Products* | Fournisseur / *Supplier* | Concentration / *Concentration* |
|---|---|---|
| ARDROX 6345* | BRENT | 20 % |
| RMC G21 | RIVENAES | Prêt à l'emploi ou concentré 15 % / *Ready to use or concentrated 15 %* |
| TURCO JET WASH K* | TURCO 2 | 0 % |
| TURBOCLEAN Ex. 2616-L9020* | KENT CHEMICAL | 20 % |
| ZOK 27* | AIRWORTHY | 20 % |

**Autres produits**

***Other products***

| Produits / *Products* | Fournisseur / *Supplier* | Concentration / *Concentration* |
|---|---|---|
| AL 333 | ALMON QUIMICA | 25 % |
| ARDROX 624 | BRENT | 5 % |
| ARDROX 624 K* | BRENT | 5 % |
| ARDROX 6334* | BRENT | 10 % |
| ARDROX 6343 | BRENT | 20 % |
| B et B 3100 | B & B CHEMICAL Co | 20 % |
| SINCLAIR S | SOCOMOR | 15 % |
| SOLVEX ICE 113 | CASTROL | 50 % |
| TURCO 4217 | TURCO | 5 % |
| TURCO 5884 | TURCO | 5 % |

Les produits marqués d'un astérisque sont exempts de dérivés aromatiques et de dérivés du glycol et sans danger pour la santé.
NOTE: Après rupture de stocks, ARDROX 624-624 k et 634 sera remplacé par de l'ARDROX 6345.

*Products marked with an asterisk contain no aromatic derivatives or glycol derivatives, and do not constitute a health hazard.*
*NOTE: After depletion of stocks, ARDROX 624, 624 k and 634 will be replaced by ARDROX 6345.*

### 4.4.3 - PRODUITS DE LAVAGE

### *4.4.3 - WASHING PRODUCTS*

| Produits / *Products* | Observations / *Remarks* | Concentration / *Concentration* |
|---|---|---|
| ARDROX 6345* | Produit recommandé / *Recommended product* | 2 % |
| ARDROX 6342 | Produit de remplacement / *Replacement product* | 2 % |

### 4.4.4 - PRODUITS DE PROTECTION INTERNE OU EXTERNE

### *4.4.4 - INTERNAL OR EXTERNAL PROTECTION PRODUCTS*

| Produits / *Products* | Observations / *Remarks* | Concentration / *Concentration* |
|---|---|---|
| ARDROX 3965 (BRENT) | Produit recommandé / *Recommended product* | Pur / *Neat* |
| ARDROX 396/1 E 28-1 (BRENT) | Produit de remplacement / *Replacement product* | Pur / *Neat* |
| ARDROX 396/1 E 14 | Produit de remplacement / *Replacement product* | Pur / *Neat* |

NOTE : ARDROX 3965 a moins de 1 % de composants aromatiques. Il remplace tous les ARDROX référence 396/1.

*NOTE: ARDROX 3965 contains less than 1 % aromatic compounds. It replaces all ARDROX 396/1 products.*

### 4.5 - LISTE DES ABBREVIATIONS

### *4.5 - LIST OF ABBREVIATIONS*

| | |
|---|---|
| • ΔP : Différence de pression (pression différentielle) | • *ΔP : Differential pressure* |
| • ACC : Armoire de commande et de contrôle | • *ACC : Control and indication panel* |
| • ADF : Antidéflagrant | • *ADF : Explosion-proof* |
| • ALA : Alarme | • *ALA : Alarm* |
| • ANA : Analogique | • *ANA : Analog* |
| • AU : Arrêt d'urgence | • *AU : Emergency stop* |
| • BP : Bouton-poussoir | • *BP : Push-button* |
| • BRSG : Boîtier de raccordement sur groupe | • *BRSG : Power unit junction box* |
| • BRSM : Boîtier de raccordement sur moteur | • *BRSM : Gas turbine junction box* |
| • BT : Basse Tension | • *CCBS : Service battery circuit breaker* |
| • CCBS : Coupe circuit de batterie de servitude | • *CCW : Counter-clockwise* |
| • CNT : Calculateur numérique de turbine | • *CT : Current transformer* |
| • CU : Contrôleur universel | • *CU : Multimeter* |
| • DG : Disjoncteur groupe | • *CW : Clockwise* |
| • EVALL : Electrovanne d'allumage | • *DECU : Turbine digital electronic control unit* |
| • EVF : Electrovanne de fuite | • *DG : Power unit circuit breaker* |
| • HT : Haute tension | • *EVALL : Ignition solenoid valve* |
| • MAL : Mise à l'air libre | • *EVF : Leakage solenoid valve* |
| • ME : Manuel d'entretien | • *HV : High voltage* |
| • MST : Mise sous tension | • *LV : Low Voltage* |
| • MT : Moyenne tension | • *MAL : Vent* |
| • N : Neutre | • *MM : Maintenance manual* |
| • NG : Vitesse de rotation générateur de gaz | • *MST : Energisation* |
| • NTL : Vitesse de rotation turbine libre (ou de puissance) | • *MV : Medium voltage* |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| • P2 | : | Pression de l'air à la sortie compresseur | • *N* | : | *Neutral* |
| • PID | : | Schéma de câblage ou tuyautage | • *NFT* | : | *Free turbine (or power turbine) rotation speed* |
| • PIH | : | Câbles d'instrumentation | • *NG* | : | *Gas generator rotation speed* |
| • PL | : | Pompe de lavage compresseur | • *P2* | : | *Compressor discharge pressure* |
| • ppm | : | Parties par million | • *PID* | : | *Pipework or wiring diagram* |
| • Qté | : | Quantité | • *PIH* | : | *Instrumentation wires* |
| • R1 | : | Réducteur 1 | • *PL* | : | *Compressor washing pump* |
| • R2 | : | Réducteur 2 | • *ppm* | : | *Parts per million* |
| • RMS | : | ROOT MEAN SQUARE (Racine moyenne carrée / valeur efficace) | • *Qty* | : | *Quantity* |
| • RP | : | Relevés de paramètres (fiches) | • *R1* | : | *Reduction gear unit 1* |
| • SAH | : | Sens anti-horaire | • *R2* | : | *Reduction gear unit 2* |
| • SEC | : | Sécurité | • *rms* | : | *ROOT MEAN SQUARE* |
| • SH | : | Sens horaire | • *RP* | : | *Parameter readings (data sheets)* |
| • T | : | Terre | • *SEC* | : | *Safety function* |
| • T4 | : | Température des gaz sortie générateur | • *T* | : | *Earth* |
| • TBO | : | Time Between Overhaul | • *T4* | : | *Exhaust gas temperature* |
| • TC | : | Transfo de courant | • *TBO* | : | *Time Between Overhauls* |
| • TOR | : | Tout ou rien | • *To* | : | *Gas turbine air intake temperature* |
| • To | : | Température entrée air turbomoteur | • *TOR* | : | *All-or-nothing* |
| • TP | : | Transfo de potentiel | • *V AC* | : | *Alternating current voltage* |
| • VCA | : | Volt courant alternatif | • *V DC* | : | *Direct current voltage* |
| • VCC | : | Volt courant continu | • *VT* | : | *Voltage transformer* |